



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ
ΚΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

Διπλωματική εργασία

Γρηγόριος Μουκουργιώτης

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Μπαργιώτας

ΒΟΛΟΣ 2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ
ΚΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

Διπλωματική εργασία

Γρηγόριος Μουκουργιώτης

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Μπαργιώτας

ΒΟΛΟΣ 2020



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER
ENGINEERING**

**IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES
IN A TRAINING BUILDING**

Diploma thesis

Grigorios Moukourgiotis

Supervisor: Dimitrios Bargiotas

VOLOS 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, Καθηγητή Δημήτριο Μπαργιώτα για την βοήθεια και την καθοδήγηση του η οποία ήταν απαραίτητη για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης είμαι ευγνώμων στον κ. Δημήτριο Ζημέρη για τις συμβολές του και την διάθεση του να με βοηθήσει σε πολλά τμήματα της διπλωματικής μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αγαπημένα μου πρόσωπα για τις συμβουλές τους, την υποστήριξη τους καθώς και το κουράγιο που μου χάρισαν.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

«Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής».

Ο Δηλών

(Υπογραφή)

Γρηγόριος Μουκουργιώτης

Ιανουάριος 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως στόχο την ηλεκτρολογική μελέτη ενός κτηρίου και συγκεκριμένα του επαγγελματικού λυκείου του Βελεστίνου, την μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του, καθώς και την αναλυτική μελέτη εγκατάστασης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες) τόσο στο ενεργειακό όσο και στο οικονομικό πλαίσιο.

Το 1^ο Κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας. Είναι ουσιαστικά η επεξήγηση των εννοιών: ηλεκτρολογική μελέτη κτηρίου, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Στη συνέχεια, επικεντρώνεται στην ηλεκτρολογική μελέτη του κτηρίου με την χρήση του λογισμικού 4μ και του προγράμματος AutoCAD.

Το 2^ο Κεφάλαιο εστιάζει στον υπολογισμό της ηλεκτρικής κατανάλωσης του σχολείου σύμφωνα με τις ώρες λειτουργίας του μέσα σε ένα χρόνο καθώς επίσης και σύμφωνα με το είδος χρήσης του κάθε δωματίου.

Το 3^ο Κεφάλαιο πραγματεύεται την μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του κτηρίου αντικαθιστώντας τον φωτισμό φθορισμού με φωτισμό LED με την χρήση του προγράμματος DIALux.

Το 4^ο Κεφάλαιο αφορά στην εγκατάσταση ενός συστήματος ανεμογεννητριών και την ανάλυση της απόδοσης του υπολογίζοντας το ποσοστό κάλυψης των ηλεκτρικών αναγκών του σχολείου.

Το 5^ο Κεφάλαιο αποσκοπεί στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην σκεπή του κτηρίου καθώς και στην μελέτη της απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος, δηλαδή τον υπολογισμό του ποσοστού κάλυψης της ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου.

Το 6^ο Κεφάλαιο αναφέρεται στην εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών τα οποία δουλεύουν ταυτόχρονα και στην μελέτη της απόδοσης του αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα σε σχέση με τα συστήματα των Κεφαλαίων 4 και 5.

Το 7^ο Κεφάλαιο επικεντρώνεται στην εύρεση του βέλτιστου σεναρίου εγκατάστασης με επένδυση περισσότερων χρημάτων στο σύστημα φωτοβολταϊκών ώστε να γίνει χρήση αποδοτικότερης τεχνολογίας.

Το 8^ο Κεφάλαιο αποτελεί την οικονομική ανάλυση των συστημάτων που αναλύθηκαν στα Κεφάλαια 4, 5, 6 και 7. Εστιάζει τόσο σε κόστη εγκατάστασης όσο και σε κόστη συντήρησης και γίνεται πρόβλεψη του οικονομικού κέρδους του κάθε συστήματος σε βάθος 20 χρόνων.

Το 9^ο Κεφάλαιο αποτελείται από τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας τόσο στο κομμάτι της απόδοσης όσο και στο οικονομικό κομμάτι.

Στο τέλος της εργασίας μετά τα συμπεράσματα υπάρχει η βιβλιογραφία και το παράρτημα που χρησιμοποιήθηκε στην διπλωματική.

ABSTACT

The purpose of this thesis is the electrical study of a building and in particular the professional high school of Velestino city, which will be analysed so as to reach the reduction of electricity consumption as well as the detailed study of the installation of renewable energy sources (photovoltaic, wind turbine system) at both energy and economic level.

The 1st Chapter is the introduction of the thesis. It is essentially an explanation of the concepts of electrical building design, renewable energy source and focuses on the electrical study of the building 4M software and the AutoCAD program.

The 2nd Chapter focuses on calculating the school's electricity consumption. The calculations are made taking two main factors under consideration: the school's operating hours within a year as well as the type of each room within the school.

The 3rd Chapter is concerned with reducing the building's electricity consumption. This is possible by replacing fluorescent lighting with led lighting using the DIALux program.

The 4rd Chapter deals with the installation of a wind turbine system and the analysis of its efficiency by calculating the percentage of coverage of the school's electrical needs.

The 5th Chapter deals with the installation of photovoltaics on the roof of the building as well as the study of the performance of the system, that is, the calculation of the electricity consumption coverage of the building.

The 6th Chapter deals with the installation of a hybrid photovoltaic and wind turbine system that works simultaneously and studies the performance by analyzing the advantages and the disadvantages of the systems of Chapter 4 and 5.

The 7th Chapter focuses on finding the optimal installation scenario by investing more money in the photovoltaic system to make use of more efficient technology.

The 8th Chapter presents the financial analysis of the systems analyzed in Chapters 4, 5, 6 and 7. It focuses on both installing and maintenance costs and predicts the financial profit of each system over 20 years.

The 9th Chapter consists of the conclusion of the thesis made from all the subjects that were studied above and it focuses on both performance and finance.

In the end, after the conclusions, there is the bibliography and the annex used in the thesis.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vi
ABSTRACT	viii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	x
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	1
1.1 Εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	1
1.1.1 Εισαγωγή στην ενέργεια	1
1.1.2 Πηγές ενέργειας	1
1.1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	2
1.2 Εισαγωγή στη θεωρία της ηλεκτρολογικής μελέτης κτηρίου	2
1.3 Παρουσίαση σχεδίου κτηρίου	3
1.4 Παρουσίαση ηλεκτρολογικής μελέτης	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	19
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	19
2.1 Κατανάλωση φωτισμού σε KWH	19
2.2 Κατανάλωση κυκλωμάτων σε KWH	24
2.3 Κατανάλωση ψύξης-θέρμανσης σε KWH	30
2.4 Τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κτηρίου	35
2.4.1 Συστήματα BMS	35
2.4.2 Άθροισμα καταναλώσεων	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	38
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ LED	38
3.1 Διαφορές λειτουργίας LED και λαμπτήρων φθορίου	38
3.1.1 Λειτουργία λαμπτήρα φθορισμού	38
3.1.2 Λειτουργία λαμπτήρα LED	39
3.2 Πλεονεκτήματα χρήσης Λάμπας LED σε σχέση με φθορισμού	39
3.3 Εγκατάσταση φωτισμού LED με χρήση λογισμικού DIALux	41
3.3.1 Γνωριμία με το λογισμικό DIALux	41
3.3.2 Παράδειγμα εγκατάστασης φωτισμού σε χώρο	41
3.4 Μελέτη φωτισμού LED σε κάθε χώρο	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	50
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ	50

4.1 Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια	50
4.1.1 Ιστορία της αιολικής ενέργειας.....	50
4.1.2 Πλεονεκτήματα χρήσης αιολικής ενέργειας.....	50
4.1.3 Μειονεκτήματα χρήσης αιολικής ενέργειας.....	51
4.1.4 Επίδραση του ανάγλυφου στη ταχύτητα ανέμου.....	51
4.2 Εισαγωγή στις ανεμογεννήτριες.....	53
4.3 Γνωριμία με το λογισμικό RETScreen Expert	54
4.4 Σχέδιο εγκατάστασης ανεμογεννητριών	56
4.5 Προσομοίωση εγκατάστασης με χρήση RETScreen Expert.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	63
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ	63
5.1 Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια	63
5.2 Εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά	63
5.2.1 Αποσαφήνιση όρου φωτοβολταϊκού.....	63
5.2.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	63
5.3 Σχέδιο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών	64
5.4 Προσομοίωση εγκατάστασης συστήματος φωτοβολταϊκών	70
5.4.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στη περιοχή Α	71
5.4.2 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην περιοχή Β.....	76
5.4.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην περιοχή Γ	78
5.4.4 Συνολική εγκατάσταση φωτοβολταϊκών	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	82
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	82
6.1 Σχέδιο εγκατάστασης υβριδικού συστήματος	82
6.2 Κλιματικά δεδομένα εγκατάστασης υβριδικού συστήματος	83
6.3 Προσομοίωση εγκατάστασης υβριδικού συστήματος	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	87
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	87
7.1 Σχέδιο βέλτιστου σεναρίου φωτοβολταϊκών	87
7.2 Προσομοίωση βέλτιστου σεναρίου φωτοβολταϊκών	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	94
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	94
8.1 Παραδοχές εγκατάστασης	94
8.2 Οικονομική ανάλυση συστήματος ανεμογεννητριών	96
8.3 Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτοβολταϊκών	98

8.4 Οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος	100
8.5 Οικονομική ανάλυση βέλτιστου συστήματος φωτοβολταϊκών	102
8.6 Πρόταση αποδοτικότερου συστήματος.....	104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	108
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	112
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΥΠΟΛΟΓΙΟΥ	112

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

1.1 Εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

1.1.1 Εισαγωγή στην ενέργεια

Η ενέργεια, δηλαδή η ικανότητα που έχει ένα σώμα ή ένα σύστημα να παράγει έργο, αποτελεί ως γνωστόν υλικό πρώτης ανάγκης για τον άνθρωπο, ο οποίος την αξιοποιεί σε όλο της το φάσμα για να καλύψει τις ανάγκες του πολιτισμού του, αξιοποιώντας αυτό το έργο το οποίο παράγει για να πετύχει αυτό τον σκοπό. Όσο οι ανάγκες του ανθρώπου στην καθημερινότητά του αυξάνονται, τότε η ενέργεια γίνεται απαραίτητη σε ολοένα και μεγαλύτερες ποσότητες. Ειδικά τους τελευταίους δυο αιώνες, παρατηρείται ότι η κατανάλωση της ενέργειας παρουσιάζει μεγάλη αύξηση καθώς η πολιτισμική ανάπτυξη του κόσμου προχωρά με ραγδαίους εξελικτικούς ρυθμούς. Η κατανάλωση αυτή της ενέργειας στηρίζεται κυρίως σε ορυκτά καύσιμα, κάρβουνο και πετρέλαιο. Πιο συγκεκριμένα, το 2005 τα ορυκτά καύσιμα κάλυψαν το 80% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του κόσμου.

Αυτή η ισχυρή εξάρτηση της ανάπτυξης από τα ορυκτά καύσιμα δεν θα είναι δυνατό να συνεχιστεί στο μέλλον, διότι δεν πρόκειται για μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ωστόσο, η ζήτηση ενέργειας θα συνεχιστεί με τους ίδιος αλλά και μεγαλύτερους ακόμη ρυθμούς, παρά το γεγονός αυτό, σε πρακτικό επίπεδο δεν θα είναι δυνατόν να βρεθούν οι απαραίτητοι πόροι για την παραγωγή ενέργειας. Για λόγους λοιπόν που σχετίζονται αφ' ενός με την εξαντλησιμότητα των πηγών και της προστασίας του περιβάλλοντος και αφ' εταίρου για λόγους γεωπολιτικούς, έχει ήδη ξεκινήσει διεθνώς η διερεύνηση της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας. [1] [2]

1.1.2 Πηγές ενέργειας

Στη φύση υπάρχουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας που προσφέρονται από πολλές πηγές και σε διάφορες μορφές. Ανάλογα με τα μέσα και την τεχνολογία που διαθέτει η εκάστοτε χώρα, κάποιες από αυτές τις πηγές είναι εκμεταλλεύσιμες και κάποιες όχι. Οι πηγές

ενέργειας χωρίζονται λοιπόν σε δυο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη από αυτές είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και μερικά από τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα αυτών είναι η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η βιομάζα, η υδροϊσχύς, η ενέργεια της θάλασσας και η γεωθερμία. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, όπως είναι τα στερεά καύσιμα (λιθάνθρακας, γαιάνθρακας, λιγνίτης, τύρφη), οι υδρογονάνθρακες (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και τα πυρηνικά ορυκτά (ουράνιο).

1.1.3 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως μπορεί κανείς να συμπεράνει και από την ονομασία τους, είναι ανεξάντλητες, αφού ανεξάρτητα από το ρυθμό εκμετάλλευσης τους, εκείνες παραμένουν άμεσα διαθέσιμες ή αναπληρώνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Έτσι λοιπόν, οι ΑΠΕ έχουν το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της αφθονίας. Βρίσκονται στα περισσότερα σημεία του πλανήτη και η χρήση τους έχει ελάχιστες ή καθόλου επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ένα αρνητικό χαρακτηριστικό που παρουσιάζουν ωστόσο, είναι ότι αποτελούν αραιές μορφές ενέργειας, δηλαδή διαθέτουν μικρή πυκνότητα ισχύος. Ακόμα, παρουσιάζουν υψηλό κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκαταστημένης ισχύος και είναι διακοπτόμενες αφού παρουσιάζουν μεταβλητότητα.

Οι τεχνολογίες εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας βρίσκονται σε διάφορα επίπεδα. Για παράδειγμα η τεχνολογία εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, δηλαδή οι ανεμογεννήτριες, βρίσκεται σε υψηλό επίπεδο ανάπτυξης, ενώ η τεχνολογία αξιοποίησης της ενέργειας των κυμάτων βρίσκεται προς το παρόν σε αρχικό στάδιο. Η συνεχής βελτίωση των τεχνολογιών εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους τόσο της επένδυσης, όσο και της παραγόμενης ενέργειας, καθώς επίσης και της ανταγωνιστικότητας τους. Επιπρόσθετα η αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ θεωρείται ως ένα από τα πιο δυνατά όπλα της ανθρωπότητας κατά του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής. [3]

1.2 Εισαγωγή στη θεωρία της ηλεκτρολογικής μελέτης κτηρίου

Η ηλεκτρολογική μελέτη ενός κτηρίου είναι μια πολύπλευρη διαδικασία και αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

Το πρώτο στάδιο είναι η μελέτη της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, η οποία αποτελείται από σχέδια και εκθέσεις που έχουν ως στόχο την έκδοση οικοδομικής άδειας αφού αυτά δοθούν στην πολεοδομία. Η μελέτη αρχικά εστιάζει στην θεμελιακή γείωση και στην αντικεραυνική προστασία ενώ στην συνέχεια αφορά τα δυνατά ρεύματα (φωτισμός, πρίζες) και τα αδύναμα ρεύματα (δίκτυο τηλεόρασης).

Το δεύτερο στάδιο αποτελεί την μελέτη εφαρμογής, η οποία γίνεται πάντα σε συνεργασία με τον αρχιτέκτονα και ουσιαστικά είναι η καταγραφή των αναγκών του ιδιοκτήτη, η μείωση ζημιών τειχοποιίας, δημιουργία χώρων επισκεψιμότητας (shaft) για ευκολία ελέγχου των εγκαταστάσεων και η χρήση κεντρικού συστήματος UPS.

Το τρίτο στάδιο αφορά στην μελέτη του φωτισμού η οποία γίνεται με την χρήση διαφόρων προγραμμάτων όπως το DIALux και έχει ως στόχο την αποτελεσματική εγκατάσταση φωτισμού, κάτι που επιτυγχάνεται με την σωστή επιλογή θέσης, τύπου και αριθμού των φωτιστικών σωμάτων.

Το τέταρτο στάδιο επικεντρώνεται στην μελέτη εξοικονόμησης ενέργειας, δηλαδή διάφορες προτάσεις όπως εγκατάσταση συστήματος BMS ή εγκατάσταση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σε ένα γενικότερο πλαίσιο, θα μπορούσε κανείς να πει ότι αφορά προτάσεις μείωσης της κατανάλωσης του κτηρίου στα σημεία που αυτό είναι εφικτό.

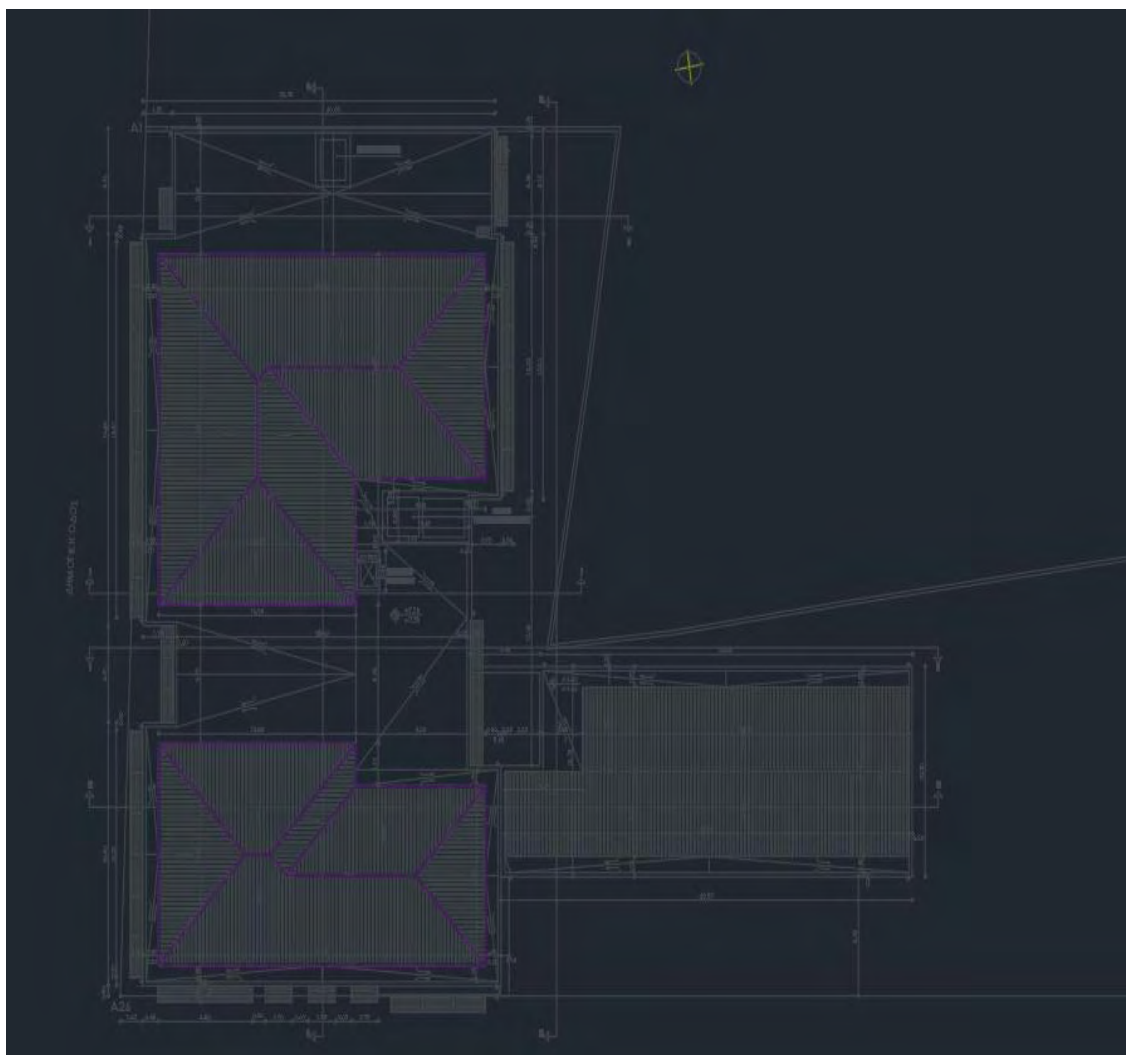
Το πέμπτο στάδιο έχει να κάνει με την μελέτη δομημένης καλωδίωσης η οποία είναι απαραίτητη τόσο για την χρήση του τηλεφώνου και της τηλεόρασης όσο και για την χρήση του διαδικτύου.

Τέλος το έκτο και τελευταίο στάδιο της εγκατάστασης είναι η μελέτη των φορτίων ώστε να επιτευχθεί σωστή ισορροπία των φορτίων στις τρεις φάσεις. Χωρίς την μελέτη αυτή είναι αδύνατο να επιλεγεί το κατάλληλο μέσο προστασίας των φορτίων και των καλωδιώσεων. [4]

1.3 Παρουσίαση σχεδίου κτηρίου

Το AutoCAD είναι ένα λογισμικό το οποίο οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί χρησιμοποιούν για τη δημιουργία σχεδίων με μεγάλη ακρίβεια τόσο σε 2D όσο και σε 3D.[5]

Με τη χρήση αυτού του λογισμικού έχει δημιουργηθεί το σχέδιο του κτηρίου πάνω στο οποίο θα πραγματοποιηθούν προσομοιώσεις εγκατάστασης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά και ανεμογεννήτριες. Στην συνέχεια, στο Σχήμα 1.1 παρουσιάζεται το σχέδιο του κτηρίου που επιλέχθηκε για την ηλεκτρολογική μελέτη.

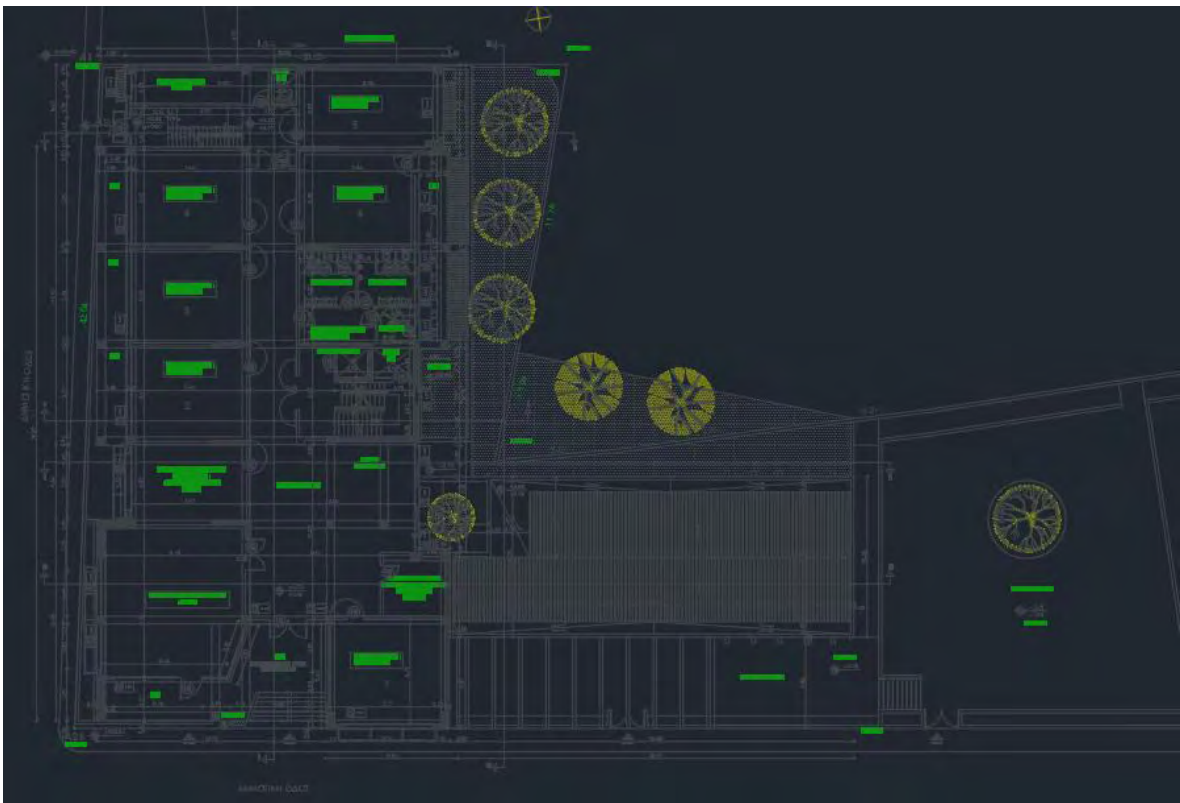


Σχήμα 1.1: Κάτοψη κτηρίου επαγγελματικού λυκείου Βελεστίνου.

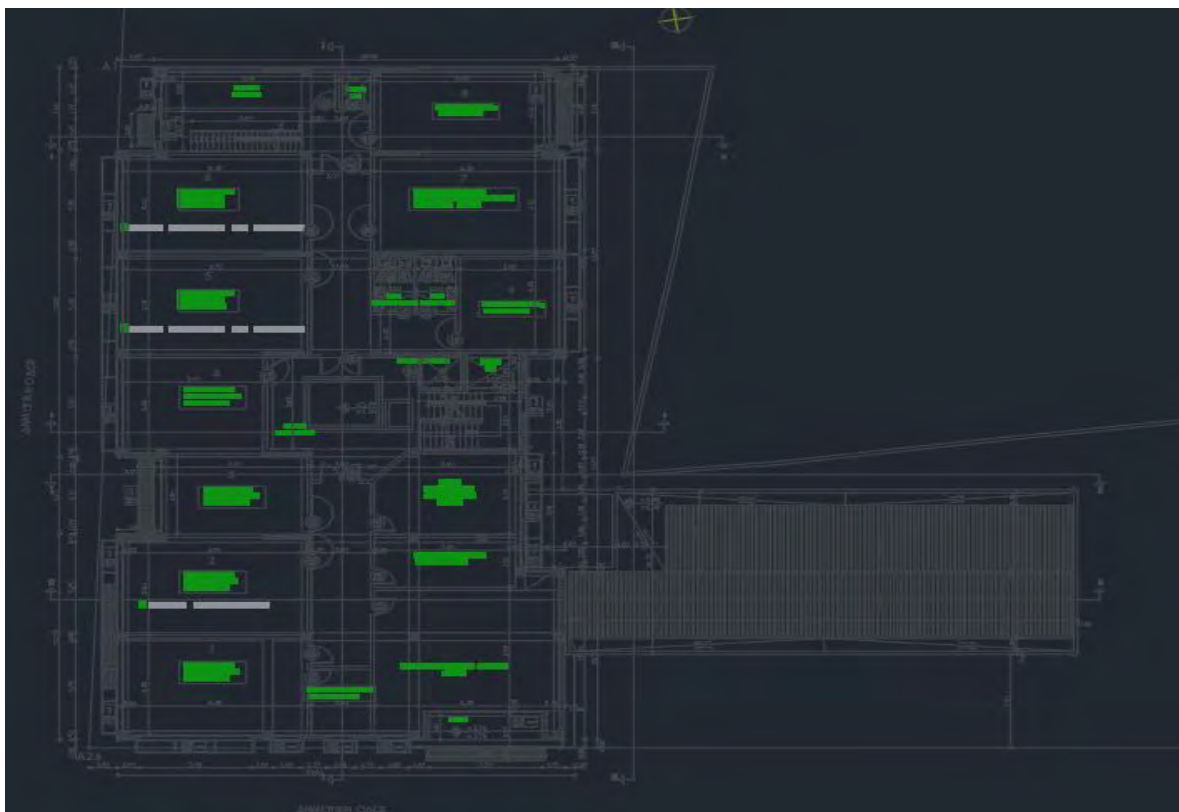
Παρακάτω, στο Σχήμα 1.2 και στο Σχήμα 1.3 φαίνεται η κάτοψη του υπογείου και του ισογείου του κτηρίου της μελέτης αντίστοιχα, καθώς επίσης στο Σχήμα 1.4 παρουσιάζεται η κάτοψη του πρώτου ορόφου.



Σχήμα 1.2: Κάτοψη υπογείου επαγγελματικού λυκείου Βελεστίνου.

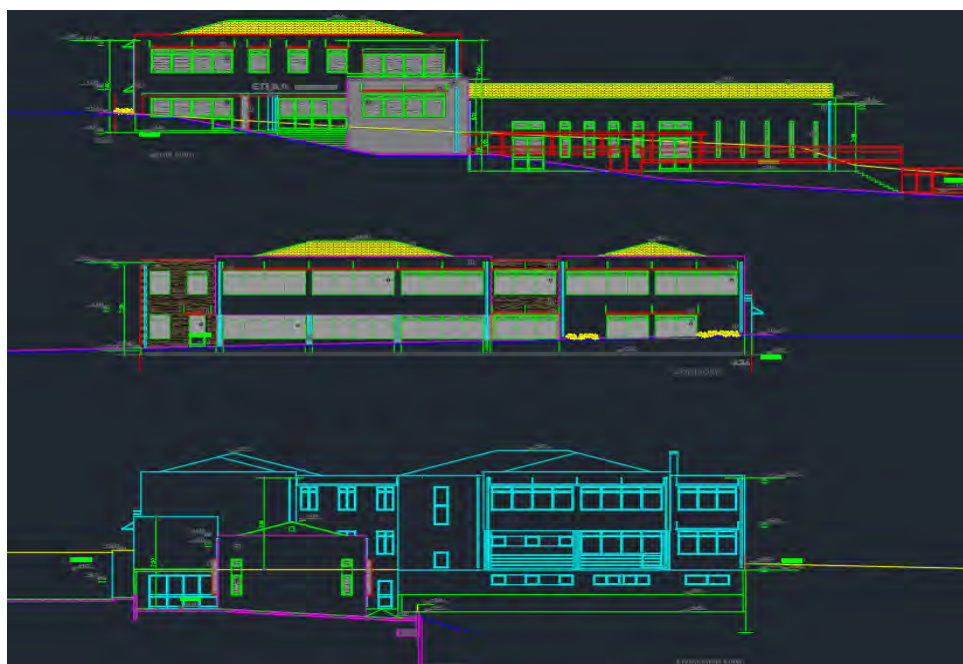


Σχήμα 1.3: Κάτοψη ισογείου επαγγελματικού λυκείου Βελεστίνου.



Σχήμα 1.4: Κάτοψη α΄ ορόφου επαγγελματικού λυκείου Βελεστίνου.

Τέλος στο Σχήμα 1.5 φαίνεται η νότια, η ανατολική και η δυτική όψη του επαγγελματικού λυκείου Βελεστίνου, καθώς στο επίσης στο Σχήμα 1.6 υπάρχει φωτογραφία του κτηρίου από δορυφόρο.



Σχήμα 1.5: Νότια, δυτική και ανατολική όψη επαγγελματικού λυκείου Βελεστίνου.



Σχήμα 1.6: Φωτογραφία σχολείου από δορυφόρο

Το λεπτομερές σχέδιο του κτηρίου αποτελεί βασικό κομμάτι της ηλεκτρολογικής μελέτης διότι οι διαστάσεις και η ακρίβεια των απολογισμών αποστάσεων, τόσο των καλωδίων από τους πίνακες όσο και των δομικών στοιχείων (πόρτες, παράθυρα ,κολώνες κτλ.), είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό των φορτίων γραμμής της εγκατάστασης.

1.4 Παρουσίαση ηλεκτρολογικής μελέτης

Η ηλεκτρολογική μελέτη του κτηρίου πραγματοποιήθηκε με την χρήση του λογισμικού 4M. Το λογισμικό 4M ενοποιεί πραγματικά σχέδια και υπολογισμούς παράγοντας εύκολα και αξιόπιστα αποτελέσματα για οποιαδήποτε ενεργειακή μελέτη. Στην συνέχεια

παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν στο λογισμικό οι οποίες είναι απαραίτητες για την επιλογή μέσων προστασίας αλλά κυρίως για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών καταναλώσεων του κτηρίου. Τα αποτελέσματα των γραμμών του δικτύου παρουσιάζονται πινακοποιημένα με τις ακόλουθες στήλες.

- Τμήμα δικτύου
- Μήκος γραμμής
- Φορτίο
- Είδος φορτίου
- $\cos\phi$
- Φάση
- Πτώση τάσης
- Διατομή καλωδίου
- Ασφάλεια

Στον Πίνακα 1.1 φαίνονται τα αποτελέσματα της μελέτης για τον ηλεκτρικό πίνακα των υπολογιστών, τον ηλεκτρικό πίνακα εργαστηρίου πληροφορικής 1 και τον ηλεκτρικό πίνακα εργαστηρίου πληροφορικής 2. Στο Πίνακα 1.2 φαίνονται τα αποτελέσματα των ηλεκτρικών πινάκων των εργαστηρίων πληροφορικής 3 και 4. Επιπλέον στο Πίνακα 1.3 φαίνεται η μελέτη για τους ηλεκτρικούς πίνακες τόσο του εργαστηρίου φυσικής-χημείας, όσο και των πινάκων των εργαστηρίων ξένων γλωσσών. Στο Πίνακα 1.4 παρουσιάζονται τα φορτία των ηλεκτρικών πινάκων των γραφείων διοίκησης και του ηλεκτρικού πίνακα του πρώτου ορόφου, ενώ στο Πίνακα 1.5 και στο Πίνακα 1.6 υπάρχει η μελέτη των ηλεκτρικών πινάκων των αιθουσών διδασκαλίας. Ακόμη στο Πίνακα 1.7 φαίνονται τα στοιχεία του ηλεκτρικού πίνακα του ισογείου και του ηλεκτρικού πίνακα της βιβλιοθήκης, καθώς επίσης στο Πίνακα 1.8 παρουσιάζονται τα στοιχεία του ηλεκτρικού πίνακα των κλιματιστικών μονάδων και του ηλεκτρικού πίνακα του υπογείου. Τέλος στο Πίνακα 1.9 υπάρχουν τα αποτελέσματα της μελέτης των ηλεκτρικών πινάκων του ανελκυστήρα και του εξωτερικού φωτισμού, καθώς επίσης και του γενικού ηλεκτρικού πίνακα.

Πίνακας 1.1: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Δίκτυο Ηλεκτρικής Εγκατάστασης										
Τμήμα Διπλού	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	cosφ	Φάση	Πίεση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιφ. Διατομής (mm²)	Υπολ. Διατομής (mm²)	Μέγιστη Αρρόδεια (A)
ΑΔ.Π		8.000	Πίνακας	0.880	123		3		4	20
ΑΔ.1		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	1	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.2		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	2	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.3		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	3	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.4		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	1	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.5		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	2	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.6		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	3	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.7		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	1	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.8		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	2	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.9		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	3	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.10		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	1	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.11		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	2	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.12		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	3	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.13		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	1	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.14		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	2	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.15		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	3	0.000	1		1.5	10
ΑΔ.16		0.5	Τροφοδοσία Η/Υ	0.88	1	0.000	1		1.5	10
ΑΠ1.Π		10.50	Πίνακας	1.000	123		3		6	25
ΑΠ1.1		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠ1.2		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠ1.3		2.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠ1.4		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠ1.5		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠ1.6		0.5	Control αυτοματισμού	1	3	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ1.Π		14.04	Πίνακας	0.999	123		3		6	25
ΕΠΛ1.1		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ1.2		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ1.3		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΠΛ1.ΑΠ		10.50	Πίνακας	1.000	123	0.000	3		6	25
ΕΠΛ1.7		1	ισκ δομημένης καλωδίωση	0.9	3	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ1.8		0.5	Εκτυπωτής	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ1.9		0.5	Εκτυπωτής	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ1.10		0.5	Εκτυπωτής	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ1.11		0.5	Εκτυπωτής	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠ2.Π		10.50	Πίνακας	1.000	123		3	6	4	25
ΑΠ2.1		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠ2.2		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠ2.3		2.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠ2.4		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠ2.5		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠ2.6		0.5	Control αυτοματισμού	1	3	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ2.Π		14.04	Πίνακας	0.999	123		3	6	6	25
ΕΠΛ2.1		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10

Πίνακας 1.2: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Φάση	Πίεση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιφ. Διατομή (mm²)	Υπολ. Διατομή (mm²)	Μήγιστη Αρρόδεια (A)
ΕΠΛ2.2		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ2.3		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΠΛ2.ΑΠ		10.50	Πίνακας	1.000	123	0.000	3	6	4	25
ΕΠΛ2.7		1	ισκ δομημένης καλωδίωση	0.9	3	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ2.8		0.5	Εκτυπωτής	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ2.9		0.5	Εκτυπωτής	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ2.10		0.5	Εκτυπωτής	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ2.11		0.5	Εκτυπωτής	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠ3.Π		10.50	Πίνακας	1.000	123		3	6	4	25
ΑΠ3.1		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠ3.2		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠ3.3		2.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠ3.4		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠ3.5		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠ3.6		0.5	Control αυτοματισμού	1	3	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ3.Π		14.04	Πίνακας	0.999	123		3	6	6	25
ΕΠΛ3.1		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ3.2		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ3.3		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΠΛ3.ΑΠ		10.50	Πίνακας	1.000	123	0.000	3	6	4	25
ΕΠΛ3.7		1.0	ισκ δομημένης καλωδίωση	0.9	3	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ3.8		0.5	Εκτυπωτής	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ3.9		0.5	Εκτυπωτής	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ3.10		0.5	Εκτυπωτής	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ3.11		0.5	Εκτυπωτής	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠ4.Π		10.50	Πίνακας	1.000	123		3		4	25
ΑΠ4.1		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠ4.2		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠ4.3		2.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠ4.4		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠ4.5		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠ4.6		0.5	Control αυτοματισμού	1	3	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ4.Π		14.04	Πίνακας	0.999	123		3	6	4	25
ΕΠΛ4.1		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ4.2		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ4.3		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΠΛ4.ΑΠ		10.50	Πίνακας	1.000	123	0.000	3		4	25
ΕΠΛ4.7		1	ισκ δομημένης καλωδίωση	0.9	3	0.000	1		1.5	10
ΕΠΛ4.8		0.5	Εκτυπωτής	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ4.9		0.5	Εκτυπωτής	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΠΛ4.10		0.5	Εκτυπωτής	1	2	0.000	1		2.5	16

Πίνακας 1.3: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	cosφ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιβ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Αρρόδεια (A)
ΕΠΛ4.11		0.5	Εκτυπωτής	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.Π		8.222	Πίνακας	1.000	123		3		4	20
ΕΦΧ.1		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΕΦΧ.2		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΕΦΧ.3		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΕΦΧ.4		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΕΦΧ.5		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.6		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.7		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.8		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.9		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.10		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.11		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.12		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΦΧ.13		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ1.Π		4.742	Πίνακας	1.000	123		3		4	20
ΕΞΓ1.1		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΕΞΓ1.2		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΕΞΓ1.3		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΕΞΓ1.4		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ1.5		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ1.6		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ1.7		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ1.8		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ1.9		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ2.Π		4.742	Πίνακας	1.000	123		3		4	20
ΕΞΓ2.1		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΕΞΓ2.2		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΕΞΓ2.3		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΕΞΓ2.4		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ2.5		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ2.6		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ2.7		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ2.8		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΕΞΓ2.9		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.Π		13.60	Πίνακας	0.999	123		3		6	25
ΔΙΟ.1		0.45	Φωτισμός	1	1	0.000	1		1.5	10
ΔΙΟ.2		0.36	Φωτισμός	1	2	0.000	1		1.5	10
ΔΙΟ.3		0.27	Φωτισμός	1	3	0.000	1		1.5	10
ΔΙΟ.4		0.27	Φωτισμός	1	3	0.000	1		1.5	10

Πίνακας 1.4: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	cosφ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιβ. Διατομή (mm²)	Υποκ. Διατομή (mm²)	Μέγιστη Αρρόδευση (A)
ΔΙΟ.5		0.18	Φωτισμός	1	2	0.000	1		1.5	10
ΔΙΟ.6		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.7		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.8		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.9		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.10		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.11		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.12		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.13		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.14		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.15		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.16		0.2	Εναλλάκτης αέρα-αέρα	0.8	2	0.000	1		1.5	10
ΔΙΟ.17		1.0	Τροφοδοσία ups	1	3	0.000	1		1.5	10
ΔΙΟ.18		0.5	Τηλεφωνικό κέντρο	1	2	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.19		0.5	ισκ δομημένης καλωδίωση	0.9	2	0.000	1		1.5	10
ΔΙΟ.20		0.45	Τροφοδ. fan-coils	0.86	3	0.000	1		2.5	16
ΔΙΟ.21		0.4	Τροφοδ. fan-coils	0.86	2	0.000	1		2.5	16
ΟΡ.Π		63.59	Πίνακας	0.999	123		3		70	100
ΟΡ.ΕΠΛ'	9	14.04	Πίνακας	0.999	123	0.947	3		6	25
ΟΡ.ΕΠΛ'	17	14.04	Πίνακας	0.999	123	1.788	3	6	6	25
ΟΡ.ΕΠΛ'	21	14.04	Πίνακας	0.999	123	2.209	3	6	6	25
ΟΡ.ΕΠΛ'	23	14.04	Πίνακας	0.999	123	2.419	3	6	4	25
ΟΡ.ΕΦΧ	25	8.222	Πίνακας	1.000	123	1.537	3		6	25
ΟΡ.ΕΞΓ1	12	4.742	Πίνακας	1.000	123	0.426	3		6	25
ΟΡ.ΕΞΓ2	21	4.742	Πίνακας	1.000	123	0.745	3		6	25
ΟΡ.ΔΙΟ	25	13.60	Πίνακας	0.999	123	2.547	3		6	25
ΟΡ.ΑΘ7	13	3.860	Πίνακας	1.000	3	1.948	1		4	20
ΟΡ.ΑΘ8	25	3.860	Πίνακας	1.000	1	3.746	1		4	20
ΟΡ.1		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.2		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.3		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.4		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.5		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.6		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.7		0.45	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.8		0.45	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.9		0.27	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.10		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΟΡ.11		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΟΡ.12		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΟΡ.13		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΟΡ.14		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΟΡ.15		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΟΡ.16		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΟΡ.17		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16

Πίνακας 1.5: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	cosφ	Φάση	Πίεση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιβ. Διατομή (mm²)	Υπολ. Διατομή (mm²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
OP.18		0.5	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
OP.19		0.5	Control αυτοματισμού	1	2	0.000	1		1.5	10
AΘ1.Π		3.860	Πίνακας	1.000	1		1		4	20
AΘ1.1		0.18	Φωτισμός	1	1	0.000	1		1.5	10
AΘ1.2		0.18	Φωτισμός	1	1	0.000	1		1.5	10
AΘ1.4		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ1.5		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ1.6		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ1.7		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ1.8		0.5	Control αυτοματισμού	1	1	0.000	1		1.5	10
AΘ2.Π		3.860	Πίνακας	1.000	2		1		4	20
AΘ2.1		0.18	Φωτισμός	1	2	0.000	1		1.5	10
AΘ2.2		0.18	Φωτισμός	1	2	0.000	1		1.5	10
AΘ2.4		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
AΘ2.5		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
AΘ2.6		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
AΘ2.7		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
AΘ2.8		0.5	Control αυτοματισμού	1	2	0.000	1		1.5	10
AΘ3.Π		3.860	Πίνακας	1.000	3		1		4	20
AΘ3.1		0.18	Φωτισμός	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ3.2		0.18	Φωτισμός	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ3.4		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ3.5		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ3.6		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ3.7		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ3.8		0.5	Control αυτοματισμού	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ4.Π		3.860	Πίνακας	1.000	1		1		4	20
AΘ4.1		0.18	Φωτισμός	1	1	0.000	1		1.5	10
AΘ4.2		0.18	Φωτισμός	1	1	0.000	1		1.5	10
AΘ4.4		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ4.5		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ4.6		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ4.7		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ4.8		0.5	Control αυτοματισμού	1	1	0.000	1		1.5	10
AΘ5.Π		3.860	Πίνακας	1.000	2		1		4	20
AΘ5.1		0.18	Φωτισμός	1	2	0.000	1		1.5	10
AΘ5.2		0.18	Φωτισμός	1	2	0.000	1		1.5	10
AΘ5.4		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
AΘ5.5		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
AΘ5.6		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
AΘ5.7		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16

Πίνακας 1.6: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιφ. Διατομή (mm²)	Υπολ. Διατομή (mm²)	Μήγιστη Αισχύρα (A)
AΘ5.8		0.5	Control αυτοματισμού	1	2	0.000	1		1.5	10
AΘ6.Π		3.860	Πίνακας	1.000	3		1		4	20
AΘ6.1		0.18	Φωτισμός	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ6.2		0.18	Φωτισμός	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ6.4		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ6.5		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ6.6		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ6.7		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ6.8		0.5	Control αυτοματισμού	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ7.Π		3.860	Πίνακας	1.000	3		1		4	20
AΘ7.1		0.18	Φωτισμός	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ7.2		0.18	Φωτισμός	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ7.4		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ7.5		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ7.6		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ7.7		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
AΘ7.8		0.5	Control αυτοματισμού	1	3	0.000	1		1.5	10
AΘ8.Π		3.860	Πίνακας	1.000	1		1		4	20
AΘ8.1		0.18	Φωτισμός	1	1	0.000	1		1.5	10
AΘ8.2		0.18	Φωτισμός	1	1	0.000	1		1.5	10
AΘ8.4		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ8.5		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ8.6		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ8.7		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
AΘ8.8		0.5	Control αυτοματισμού	1	1	0.000	1		1.5	10
KY.Π		8.980	Πίνακας	1.000	123		3		6	25
KY.1		0.18	Φωτισμός	1	1	0.000	1		1.5	10
KY.2		2.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
KY.3		2.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
KY.4		2.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
KY.5		4.0	Θερμοσίφωνας	1	2	0.000	1		4	20
ΙΣ.Π		26.57	Πίνακας	1.000	123		3		16	40
ΙΣ.ΑΘ1	32	3.860	Πίνακας	1.000	1	4.795	1		4	20
ΙΣ.ΑΘ2	38	3.860	Πίνακας	1.000	2	5.694	1		4	20
ΙΣ.ΑΘ3	25	3.860	Πίνακας	1.000	3	3.746	1		4	20
ΙΣ.ΑΘ4	19	3.860	Πίνακας	1.000	1	2.847	1		4	20
ΙΣ.ΑΘ5	26	3.860	Πίνακας	1.000	2	3.896	1		4	20
ΙΣ.ΑΘ6	23	3.860	Πίνακας	1.000	3	3.446	1		4	20
ΙΣ.ΚΥ	20	8.980	Πίνακας	1.000	123	1.343	3		6	25
ΙΣ.1		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.2		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10

Πίνακας 1.7: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Τμήμα Διεύθυνσης	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	cosφ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιφ. Διατομή (mm²)	Υποκ. Διατομή (mm²)	Μέγιστη Αρρόδεια (A)
ΙΣ.3		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.4		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.5		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.6		0.24	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.7		0.24	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.8		0.12	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.9		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.10		0.27	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.11		0.45	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.12		0.72	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΙΣ.13		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΙΣ.14		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΙΣ.15		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΙΣ.16		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΙΣ.17		0.5	ισκ δομημένης καλωδίωση	0.9	2	0.000	1		1.5	10
ΒΙ.Π		17.61	Πίνακας	0.996	123		3		16	40
ΒΙ.1		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΒΙ.2		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΒΙ.3		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΒΙ.4		0.18	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΒΙ.5		1.5	Τροφοδ. fan-coils	0.86	2	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.6		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.7		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.8		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.9		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.10		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.11		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.12		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.13		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.14		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.15		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΒΙ.16		0.2	Εναλλάκτης αέρα-αέρα	0.8	2	0.000	1		1.5	10
ΒΙ.17		0.5	ισκ δομημένης καλωδίωση	0.9	2	0.000	1		1.5	10
ΑΠΧ.Π		17.17	Πίνακας	0.990	123		3		16	40
ΑΠΧ.1		0.90	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΑΠΧ.2		0.90	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΑΠΧ.3		0.90	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΑΠΧ.4		0.90	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΑΠΧ.5		0.6	Τροφοδ. fan-coils	0.86	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.6		0.44	Τροφοδ. fan-coils	0.86	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.7		2.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.8		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.9		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.10		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.11		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16

Πίνακας 1.8: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Τμήμα Δικτύου	Μέγιστη Γραμμή (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	cosφ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιβ. Διατομή (mm²)	Υπολ. Διατομή (mm²)	Μέγιστη Ανοχή (A)
ΑΠΧ.12		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.13		1.5	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.14		1.5	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.15		1.5	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΑΠΧ.16		1	ισκ δομημένης καλωδίωση	0.9	1	0.000	1		1.5	10
ΑΠΧ.17		0.5	Μεγαφωνική εγκατάσταση	0.9	2	0.000	1		1.5	10
ΑΠΧ.18		0.2	Εναλλάκτης αέρα-αέρα	0.8	3	0.000	1		1.5	10
ΚΛΨ.Π	57.60		Πίνακας	0.804	123		3		95	125
ΚΛΨ.1	33		αντλία θερμότητας	0.8	123	0.000	3		25	63
ΚΛΨ.2	2.5		Κεντρ.κλιματ.μονάδα	0.84	123	0.000	3		2.5	16
ΚΛΨ.3	0.2		Κυκλοφορητής	0.87	1	0.000	1		2.5	16
ΚΛΨ.4	0.2		Κυκλοφορητής	0.87	2	0.000	1		2.5	16
ΚΛΨ.5	0.2		Κυκλοφορητής	0.87	3	0.000	1		2.5	16
ΚΛΨ.6	0.2		Κυκλοφορητής	0.87	1	0.000	1		2.5	16
ΚΛΨ.7	0.3		Control αυτοματισμού	1	2	0.000	1		1.5	10
ΚΛΨ.8	21		μεταθ/ντικό στοιχείο ΚΚΜ	0.8	123	0.000	3		16	50
ΚΚΜ1.Π	3.300		Πίνακας	0.862	123		3		6	25
ΚΚΜ1.1	3.0		Κεντρ.κλιματ.μονάδα	0.84	123	0.000	3		2.5	16
ΚΚΜ1.2	0.3		Control αυτοματισμού	1	1	0.000	1		1.5	10
ΚΚΜ2.Π	2.800		Πίνακας	0.866	123		3		6	25
ΚΚΜ2.1	2.5		Κεντρ.κλιματ.μονάδα	0.84	123	0.000	3		2.5	16
ΚΚΜ2.2	0.3		Control αυτοματισμού	1	1	0.000	1		1.5	10
ΛΕ.Π	2.600		Πίνακας	0.909	123		3		6	25
ΛΕ.1	1.0		Καυστήρας πετρελαίου	0.87	123	0.000	3		2.5	16
ΛΕ.2	0.5		Κυκλοφορητής	0.87	1	0.000	1		2.5	16
ΛΕ.3	0.2		Κυκλοφορητής	0.87	2	0.000	1		2.5	16
ΛΕ.4	0.2		Κυκλοφορητής	0.87	3	0.000	1		2.5	16
ΛΕ.5	0.2		Κυκλοφορητής	0.87	2	0.000	1		2.5	16
ΛΕ.6	0.5		Control αυτοματισμού	1	3	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.Π	5.940		Πίνακας	0.998	123		3		6	25
ΥΠ.1	0.36		Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.2	0.36		Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.3	0.36		Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.4	0.36		Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.5	0.72		Κύκλωμα φωτισμού	0.95	2	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.6	0.45		Κύκλωμα φωτισμού	0.95	3	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.7	0.81		Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.8	1.0		Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.9	1.0		Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.10	1.0		Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.11	1.0		Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.12	1.0		Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16

Πίνακας 1.9: Ηλεκτρολογική μελέτη 4Μ

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (kW)	Είδος Φορτίου	cosΦ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm²)	Υπολ. Διατομή (mm²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
ΥΠ.13		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.14		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.15		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.16		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.17		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.18		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.19		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.20		1.0	Ρευματοδότες	1	3	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.21		1.0	Ρευματοδότες	1	2	0.000	1		2.5	16
ΥΠ.22		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.23		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.24		0.06	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	1	0.000	1		1.5	10
ΥΠ.25		1.0	Ρευματοδότες	1	1	0.000	1		2.5	16
ΜΗ.Π		13.50	Πίνακας	0.858	123		3		16	40
ΜΗ.1		12.5	Μηχανή υδρ. ανασέρ	0.84	123	0.000	3		10	40
ΜΗ.2		1	Control αυτοματισμού	1	1	0.000	1		1.5	10
ΕΦ.Π		3.780	Πίνακας	0.950	123		3		4	20
ΕΦ.1		1.6	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	123	0.000	3		1.5	10
ΕΦ.2		0.12	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	123	0.000	3		1.5	10
ΕΦ.3		0.3	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	123	0.000	3		1.5	10
ΕΦ.4		0.16	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	123	0.000	3		1.5	10
ΕΦ.5		0.4	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	123	0.000	3		1.5	10
ΕΦ.6		0.4	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	123	0.000	3		1.5	10
ΕΦ.7		0.4	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	123	0.000	3		1.5	10
ΕΦ.8		0.4	Κύκλωμα φωτισμού	0.95	123	0.000	3		1.5	10
ΓΕ.Π		128.7	Πίνακας	0.958	123		3	150		250
ΓΕ.ΑΠΧ	70	17.17	Πίνακας	0.990	123	3.410	3		16	40
ΓΕ.ΒΙ	61	17.61	Πίνακας	0.996	123	3.035	3		16	40
ΓΕ.ΙΣ	56	26.57	Πίνακας	1.000	123	4.173	3		16	40
ΓΕ.ΟΡ	65	63.59	Πίνακας	0.999	123	2.688	3		70	100
ΓΕ.ΚΛΨ	56	57.60	Πίνακας	0.804	123	2.015	3		95	125
ΓΕ.ΚΚΜ1	35	3.300	Πίνακας	0.862	123	0.881	3		6	25
ΓΕ.ΚΚΜ2	65	2.800	Πίνακας	0.866	123	1.388	3		6	25
ΓΕ.ΛΕ	15	2.600	Πίνακας	0.909	123	0.296	3		6	25
ΓΕ.ΥΠ	33	5.940	Πίνακας	0.998	123	1.469	3		6	25
ΓΕ.ΜΗ	41	13.50	Πίνακας	0.858	123	1.627	3		16	40
ΓΕ.ΕΦ	56	3.780	Πίνακας	0.950	123	1.601	3		6	25
Α.ΓΕ	10	128.7	Πίνακας	0.958		0.231	3	150		250

Τελικά το συνολικό φορτίο του γενικού πίνακα είναι 128.7 KW και φαίνονται αναλυτικά τα φορτία για κάθε συσκευή του σχολείου με τα οποία γίνεται ο υπολογισμός της κατανάλωσης του. Στην συνέχεια θα υπολογιστούν οι καταναλώσεις του κτηρίου και από τους παραπάνω πίνακες θα χρειαστούν τόσο η ισχύς κάθε συσκευής όσο και ο τύπος της προκειμένου να μελετηθεί ο ημερήσιος χρόνος λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

2.1 Κατανάλωση φωτισμού σε KWH

Για την εύρεση της κατανάλωσης του φωτισμού, όπως και για κάθε είδος ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι απαραίτητα δυο στοιχεία. Το πρώτο είναι η ισχύς σε KW και το δεύτερο είναι οι ώρες λειτουργίας. Η ισχύς του φωτισμού έχει ήδη υπολογιστεί στην ενότητα 1.4 και θα παρουσιαστεί πιο αναλυτικά παρακάτω. Όσον αφορά στις ώρες λειτουργίας, αυτές εξαρτώνται από το πρόγραμμα λειτουργίας του σχολείου καθώς και από το τρόπο χρήσης της κάθε αίθουσας.

Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψιν ότι ο χρόνος έχει 365 μέρες, θα πρέπει από αυτές να αφαιρεθούν τόσο οι 15 μέρες των γιορτών των Χριστουγέννων, όσο και οι 15 μέρες για τις γιορτές του Πάσχα, καθώς κατά τα διαστήματα αυτά το σχολείο δεν λειτουργεί. Με την ίδια λογική, αφαιρούνται ακόμη 60 μέρες, που αντιστοιχούν στις διακοπές του καλοκαιριού, οπότε απομένουν 275 μέρες λειτουργίας.

Όμως στις 275 αυτές μέρες περιλαμβάνονται και 39 σαββατοκύριακα, δηλαδή 78 ακόμη μέρες, τις οποίες το σχολείο παραμένει επίσης κλειστό. Τελικά, οι μέρες καθαρής λειτουργίας διαμορφώνονται ως εξής: 275 ημέρες μείον τις 78, μας αφήνει με ένα αποτέλεσμα 196 ημερών. Επομένως, το τελικό αποτέλεσμα διαμορφώνεται κατ' αυτό το τρόπο και όλοι οι υπολογισμοί γίνονται με βάση αυτό.

Ξεκινώντας τους υπολογισμούς, γίνεται μελέτη σε βάθος για τον υπολογισμό της κατανάλωσης φωτισμού των εργαστηρίων. Για να έχει ο υπολογισμός αυτός μια ρεαλιστική ανταπόκριση στις πραγματικές ανάγκες του κτηρίου, όπως αυτό λειτουργεί, έχει συμπεριληφθεί ως τεκμήριο της μελέτης και το αναλυτικό πρόγραμμα του σχολείου και λαμβάνονται υπόψιν οι ώρες κατά τις οποίες λειτουργούν οι χώροι που καταναλώνουν ρεύμα.

Σύμφωνα λοιπόν με το πρόγραμμα μαθημάτων του ΕΠΑΛ Βελεστίνου, τα εργαστήρια λειτουργούν κάθε μέρα 2 ώρες. Επομένως, η κατανάλωση ρεύματος των εργαστηρίων ανέρχεται σε: $196 \text{ μέρες} * 2 \text{ ώρες/μέρα} * 2.88 \text{ KW} = 117,44 \text{ KWH}$.

Όσο αναφορά την αίθουσα πολλαπλών χρήσεων, αυτό που ισχύει είναι ότι κάθε χρόνο λειτουργεί περίπου 5 φορές για εκδηλώσεις που αφορούν το ίδιο το σχολείο και άλλες 4 με 5 φορές, αυτή τη φορά για συνεδριάσεις του δήμου Φερών. Συνολικά λοιπόν, η ουσιαστική λειτουργία της αίθουσας είναι 10 μέρες το χρόνο. Σε αυτές τις 10 μέρες, η αίθουσα λειτουργεί 3 ώρες ημερησίως. Συνεπώς, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων ισούται με $10 \text{ μέρες} * 3 \text{ ώρες/μέρα} * 3.6 \text{ KW}$ δηλαδή 108 KWH.

Τέλος, υπάρχουν και οι αίθουσες διδασκαλίας που πρέπει να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς δαπάνης ενέργειας μιας και λειτουργούν σε καθημερινή βάση. Με την ίδια λογική, πρέπει να συνυπολογιστούν οι διαδρόμους του σχολείου, το υπόγειο, τα γραφεία καθηγητών, το κυλικείο, το ισόγειο, η σχολική βιβλιοθήκη και οι εξωτερικοί χώροι. Σε αυτούς τους χώρους ισχύει ότι πρέπει να υπάρχει κάθε ώρα λειτουργίας του σχολείου φωτισμός σύμφωνα με τους κανονισμούς Κ.ΕΝ.Α.Κ. Η κατανάλωση λοιπόν σε αυτή τη περίπτωση θα ανέρχεται σε $196 \text{ μέρες} * 9 \text{ ώρες/μέρα} * 18.5 \text{ KW}$ δηλαδή γίνεται λόγος για 32.634 KWH.

Το άθροισμα όλων των παραπάνω υπολογισμένων καταναλώσεων αποτελεί την συνολική κατανάλωση του κτηρίου στο κομμάτι του φωτισμού, η οποία είναι ίση με 33.859,44 KWH.

Στο Πίνακα 2.1 φαίνεται η ισχύς των κυκλωμάτων φωτισμού των εργαστηρίων πληροφορικής, του εργαστηρίου φυσικής-χημείας και των γραφείων διοίκησης. Στη συνέχεια στο Πίνακα 2.2 παρουσιάζεται η μελέτη φωτισμού για τα κυκλώματα του πρώτου ορόφου, του ισογείου και των αιθουσών διδασκαλίας, ενώ στο Πίνακα 2.3 υπάρχει η μελέτη φωτισμού του εξωτερικού χώρου, της βιβλιοθήκης και του υπογείου.

Πίνακας 2.1: Υπολογισμός κατανάλωσης φωτισμού

1	ΟΝΟΜΑ ΠΙΝΑΚΑ	ΙΣΧΥΣ ΣΕ KW ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ
2	ΕΠΛ1.Π	
3	1.1	0.18
4	1.2	0.18
5	1.3	0.18
6	ΕΠΛ2.Π	
7	2.1	0.18
8	2.2	0.18
9	2.3	0.18
10	ΕΠΛ3.Π	
11	3.1	0.18
12	3.2	0.18
13	3.3	0.18
14	ΕΠΛ4.Π	
15	4.1	0.18
16	4.2	0.18
17	4.3	0.18
18		
19	ΕΦΧ.Π	
20	1	0.18
21	2	0.18
22	3	0.18
23	4	0.18
24	ΕΞΓ1.Π	
25	1.1	0.18
26	1.2	0.18
27	1.3	0.18
28	ΕΞΓ2.Π	
29	2.1	0.18
30	2.2	0.18
31	2.3	0.18
32	ΔΙΟ.Π	
33	1	0.45
34	2	0.36
35	3	0.27
36	4	0.27
37	5	0.18
38	ΟΡ.Π	
39	1	0.06
40	2	0.06
41	3	0.06
42	4	0.06
43	5	0.06

Πίνακας 2.2: Υπολογισμός κατανάλωσης φωτισμού

44	6	0.06
45	7	0.45
46	8	0.45
47	9	0.27
48	15	0.18
49	18	0.5
50	ΑΘ1.Π	
51	1.1	0.18
52	1.2	0.18
53	ΑΘ2.Π	
54	2.1	0.18
55	2.2	0.18
56	ΑΘ3.Π	
57	3.1	0.18
58	3.2	0.18
59	ΑΘ4.Π	
60	4.1	0.18
61	4.2	0.18
62	ΑΘ5.Π	
63	5.1	0.18
64	5.2	0.18
65	ΑΘ6.Π	
66	6.1	0.18
67	6.2	0.18
68	ΑΘ7.Π	
69	7.1	0.18
70	7.2	0.18
71	ΑΘ8.Π	
72	8.1	0.18
73	8.2	0.18
74	ΚΥ.Π	
75	1	0.18
76	ΙΣ.Π	
77	1	0.06
78	2	0.06
79	3	0.06
80	4	0.06
81	5	0.06
82	6	0.24
83	7	0.24
84	8	0.12
85	9	0.18
86	10	0.27

Πίνακας 2.3: Υπολογισμός κατανάλωσης φωτισμού

87	11	0.45
88	12	0.72
89	ΒΙ.Π	
90	1	0.18
91	2	0.18
92	3	0.18
93	4	0.18
94	ΑΠΧ.Π	
95	1	0.9
96	2	0.9
97	3	0.9
98	4	0.9
99	ΥΠ.Π	
100	1	0.36
101	2	0.36
102	3	0.36
103	4	0.36
104	5	0.72
105	6	0.45
106	7	0.81
107	22	0.06
108	23	0.06
109	24	0.06
110	ΕΦ.Π	
111	1	1.6
112	2	0.12
113	3	0.3
114	4	0.16
115	5	0.4
116	6	0.4
117	7	0.4
118	8	0.4
119	ΣΥΝΟΛΙΚΑ KW	24.98
120	KW ΑΙΘ. ΠΟΛ. ΧΡΗΣΕΩΝ	3.6
121	KW ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	2.88
122	KW ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΧΩΡΩΝ	18.5
123	KWH ΑΙΘ. ΠΟΛ. ΧΡΗΣΕΩΝ	108
124	KWH ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	1117.44
125	KWH ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΧΩΡΩΝ	32634
126	KWH ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	33859.44

2.2 Κατανάλωση κυκλωμάτων σε KWH

Στην προηγούμενη υποενότητα, υπολογίστηκε επακριβώς η κατανάλωση του Λυκείου σε ρεύμα, σε ότι αφορά στις ανάγκες φωτισμού του. Σε αυτή την ενότητα λοιπόν, όπως είναι λογικά επόμενο, θα υπολογιστεί η κατανάλωση των κυκλωμάτων που χρησιμοποιεί το σχολείο στις ημέρες λειτουργίας του.

Για παράδειγμα, τα εργαστήρια πληροφορικής του σχολείου, όπως είναι φυσικό, διαθέτουν υπολογιστές. Οι υπολογιστές αυτοί, λειτουργούν 2 ώρες κάθε μέρα. Η ισχύς του καθενός υπολογιστή είναι 0,5 KW. Όπως έχει ήδη μελετηθεί λοιπόν από την ενότητα 2.1., το σχολείο συνολικά λειτουργεί 196 ημέρες, οπότε αυτό σημαίνει ότι η κατανάλωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών ισούται με: $196 \text{ μέρες} * 2 \text{ ώρες/μέρα} * 0,5 \text{ KW}$ δηλαδή 196 KWH.

Εν συνεχεία, θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο νούμερο αυτό και οι υπόλοιπες συσκευές του σχολείου οι οποίες χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα. Μια τέτοια συσκευή που χρησιμοποιείται ευρέως στο κτήριο που μελετάται, όπως και σε κάθε σχολείο άλλωστε, είναι οι εκτυπωτές, η ισχύς των οποίων είναι συνολικά 2 KW και έχει διαπιστωθεί ότι λειτουργούν 1 ώρα κάθε μέρα. Άρα αυτό σημαίνει ότι η τελική κατανάλωση θα είναι: $196 \text{ μέρες} * 1 \text{ ώρα} * 2 \text{ KW}$ ίση με 392 KWH.

Στη συνέχεια ακολουθεί η μελέτη καταναλώσεων των ρευματοδοτών, οι οποίοι στην εν λόγω περίπτωση είναι συνολικά 131 σε αριθμό. Αθροιστικά, η ισχύς όλων των ρευματοδοτών είναι 192 KW επομένως η κατανάλωση ισούται με: $196 \text{ μέρες} * 9 \text{ ώρες/μέρα} * 192 \text{ KW} * 0,1$ δηλαδή 3386,88 KWH. Το νούμερο 0,1 στο τέλος του υπολογισμού ονομάζεται ετεροχρονισμός και ουσιαστικά απαντά στο ποσοστό ταυτόχρονης χρήσης μιας συσκευής με μια άλλη.

Με ποσοστό 10% κάθε ώρα μέσα σε μια μέρα λειτουργίας του σχολείου, λειτουργούν ταυτόχρονα περίπου 13 ρευματοδότες, οι οποίοι μπορεί να περιέχουν λάπτοπ, φορτιστές, διαδραστικούς πίνακες, συστήματα βιντεοπροβολών (προτζέκτορες) ή ακόμη και τροφοδοτικό ψυγείου στο κυλικείο του σχολείου.

Μια ακόμη σημαντική κατανάλωση που πρέπει να έχει κανείς στα υπόψη του, είναι αυτή του υδραυλικού ασανσέρ. Η συγκεκριμένη δαπάνη για το κτήριο, υπολογίζεται ως: $196 \text{ μέρες} * 1 \text{ ώρα/μέρα (κατά μέσο όρο)} * 12,5 \text{ KW}$ δηλαδή 2450 KWH.

Η τροφοδοσία ups έχει ισχύ ίση με 1 KW και λειτουργεί 9 ώρες κάθε μέρα. Σε αυτή την περίπτωση δηλαδή, η κατανάλωση είναι ίση με 1.764 KWH. Με την ίδια λογική υπολογίζεται και η κατανάλωση σε ρεύμα του τηλεφωνικού κέντρου του σχολείου, η οποία ισούται με $196 \text{ μέρες} * 1 \text{ ώρα/μέρα} * 0,5 \text{ KW}$ δηλαδή 98 KWH.

Τέλος, για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης θα πρέπει να γίνει υπολογισμός της κατανάλωσης του θερμοσίφωνα, ο οποίος λειτουργεί 1 ώρα για κάθε φορά που το πρόγραμμα του σχολείου έχει γυμναστική, με σκοπό να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες των μαθητών. Υπολογίζοντας λοιπόν ότι οι μέρες που αυτός λειτουργεί είναι: $196/3 = 65$ μέρες και η ισχύς του είναι ίση με 4 KWH, γίνεται φανερό ότι η κατανάλωση του θερμοσίφωνα είναι ίση με 261 KWH.

Το άθροισμα όλων των παραπάνω καταναλώσεων εντός του σχολείου, αποτελεί την συνολική κατανάλωση του κτηρίου στο κομμάτι των κυκλωμάτων, η οποία κατόπιν των μελετών υπολογίζεται σε: 32.297,2 KWH.

Στο Πίνακα 2.4 φαίνεται η ηλεκτρική ισχύς των συσκευών των εργαστηρίων πληροφορικής. Στο Πίνακα 2.5 παρουσιάζεται η ισχύς των συσκευών των αιθουσών διδασκαλίας, του εργαστηρίου φυσικής-χημείας και των γραφείων διοίκησης. Επίσης στο Πίνακα 2.6 υπάρχει η έρευνα για την ηλεκτρική ισχύ των συσκευών των αιθουσών αλλά και του ισογείου, ενώ στο Πίνακα 2.7 υπάρχει η μελέτη για τη βιβλιοθήκη και για το υπόγειο. Τέλος στο Πίνακα 2.8 παρουσιάζεται το άθροισμα ηλεκτρικής ισχύς όλων των χώρων για τις διάφορες συσκευές που υπάρχουν στο κτήριο του επαγγελματικού λυκείου Βελεστίνου.

Πίνακας 2.4: Υπολογισμός κατανάλωσης κυκλωμάτων

1	ΟΝΟΜΑ ΠΙΝΑΚΑ	ΙΣΧΥΣ ΣΕ KW	ΣΥΣΚΕΥΗ
2	ΑΔ.Π		
3	1	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
4	2	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
5	3	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
6	4	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
7	5	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
8	6	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
9	7	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
10	8	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
11	9	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
12	10	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
13	11	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
14	12	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
15	13	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
16	14	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
17	15	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
18	16	0.5	Τροφοδοσία Η/Υ
19	ΑΠ1.Π		
20	1.1	2	Ρευματοδότες
21	1.2	2	Ρευματοδότες
22	1.3	2	Ρευματοδότες
23	1.4	2	Ρευματοδότες
24	1.5	2	Ρευματοδότες
25	ΕΠΛ1.Π		
26	1.8	0.5	Εκτυπωτής
27	1.9	0.5	Εκτυπωτής
28	1.10	0.5	Εκτυπωτής
29	1.11	0.5	Εκτυπωτής
30	ΑΠ2.Π		
31	2.1	2	Ρευματοδότες
32	2.2	2	Ρευματοδότες
33	2.3	2	Ρευματοδότες
34	2.4	2	Ρευματοδότες
35	2.5	2	Ρευματοδότες
36	ΕΠΛ2.Π		
37	2.8	0.5	Εκτυπωτής
38	2.9	0.5	Εκτυπωτής
39	2.10	0.5	Εκτυπωτής
40	2.11	0.5	Εκτυπωτής
41	ΑΠ3.Π		
42	3.1	2	Ρευματοδότες
43	3.2	2	Ρευματοδότες
44	3.3	2	Ρευματοδότες
45	3.4	2	Ρευματοδότες
46	3.5	2	Ρευματοδότες
47	ΕΠΛ3.Π		
48	3.8	0.5	Εκτυπωτής
49	3.9	0.5	Εκτυπωτής
50	3.10	0.5	Εκτυπωτής
51	3.11	0.5	Εκτυπωτής
--			

Πίνακας 2.5: Υπολογισμός κατανάλωσης κυκλωμάτων

52	ΑΠ4.Π		
53	4.1	2	Ρευματοδότες
54	4.2	2	Ρευματοδότες
55	4.3	2	Ρευματοδότες
56	4.4	2	Ρευματοδότες
57	4.5	2	Ρευματοδότες
58	ΕΠΛ4.Π		
59	4.8	0.5	Εκτυπωτής
60	4.9	0.5	Εκτυπωτής
61	4.10	0.5	Εκτυπωτής
62	4.11	0.5	Εκτυπωτής
63	ΕΦΧ.Π		
64	5	1	Ρευματοδότες
65	6	1	Ρευματοδότες
66	7	1.5	Ρευματοδότες
67	8	2	Ρευματοδότες
68	9	1	Ρευματοδότες
69	10	1.5	Ρευματοδότες
70	11	1.5	Ρευματοδότες
71	12	1.5	Ρευματοδότες
72	13	1.5	Ρευματοδότες
73	ΕΞΓ1.Π		
74	1.4	1	Ρευματοδότες
75	1.5	1	Ρευματοδότες
76	1.6	1	Ρευματοδότες
77	1.7	1	Ρευματοδότες
78	1.8	1	Ρευματοδότες
79	1.9	1	Ρευματοδότες
80	ΕΞΓ2.Π		
81	2.4	1	Ρευματοδότες
82	2.5	1	Ρευματοδότες
83	2.6	1	Ρευματοδότες
84	2.7	1	Ρευματοδότες
85	2.8	1	Ρευματοδότες
86	2.9	1	Ρευματοδότες
87	ΔΙΟ.Π		
88	6	1.5	Ρευματοδότες
89	7	1.5	Ρευματοδότες
90	8	1.5	Ρευματοδότες
91	9	1.5	Ρευματοδότες
92	10	1.5	Ρευματοδότες
93	11	1.5	Ρευματοδότες
94	12	1.5	Ρευματοδότες
95	13	1.5	Ρευματοδότες
96	14	1.5	Ρευματοδότες
97	15	1.5	Ρευματοδότες
98	ΟΡ.Π		
99	10	1.5	Ρευματοδότες
100	11	2	Ρευματοδότες
101	12	1.5	Ρευματοδότες
102	13	2	Ρευματοδότες

Πίνακας 2.6: Υπολογισμός κατανάλωσης κυκλωμάτων

103	14	1.5	Ρευματοδότες
104	16	1	Ρευματοδότες
105	17	1	Ρευματοδότες
106	AΘ1.Π		
107	1.4	1.5	Ρευματοδότες
108	1.5	1.5	Ρευματοδότες
109	1.6	1.5	Ρευματοδότες
110	1.7	1.5	Ρευματοδότες
111	AΘ2.Π		
112	2.4	1.5	Ρευματοδότες
113	2.5	1.5	Ρευματοδότες
114	2.6	1.5	Ρευματοδότες
115	2.7	1.5	Ρευματοδότες
116	AΘ3.Π		
117	3.4	1.5	Ρευματοδότες
118	3.5	1.5	Ρευματοδότες
119	3.6	1.5	Ρευματοδότες
120	3.7	1.5	Ρευματοδότες
121	AΘ4.Π		
122	4.4	1.5	Ρευματοδότες
123	4.5	1.5	Ρευματοδότες
124	4.6	1.5	Ρευματοδότες
125	4.7	1.5	Ρευματοδότες
126	AΘ5.Π		
127	5.4	1.5	Ρευματοδότες
128	5.5	1.5	Ρευματοδότες
129	5.6	1.5	Ρευματοδότες
130	5.7	1.5	Ρευματοδότες
131	AΘ6.Π		
132	6.4	1.5	Ρευματοδότες
133	6.5	1.5	Ρευματοδότες
134	6.6	1.5	Ρευματοδότες
135	6.7	1.5	Ρευματοδότες
136	AΘ7.Π		
137	7.4	1.5	Ρευματοδότες
138	7.5	1.5	Ρευματοδότες
139	7.6	1.5	Ρευματοδότες
140	7.7	1.5	Ρευματοδότες
141	AΘ8.Π		
142	8.4	1.5	Ρευματοδότες
143	8.5	1.5	Ρευματοδότες
144	8.6	1.5	Ρευματοδότες
145	8.7	1.5	Ρευματοδότες
146	KY.Π		
147	2	2	Ρευματοδότες
148	3	2	Ρευματοδότες
149	4	2	Ρευματοδότες
150	IΣ.Π		
151	13	1.5	Ρευματοδότες
152	14	1.5	Ρευματοδότες
153	15	1.5	Ρευματοδότες

Πίνακας 2.7: Υπολογισμός κατανάλωσης κυκλωμάτων

154	16	1.5	Ρευματοδότες
155	ΒΙ.Π		
156	6	1.5	Ρευματοδότες
157	7	1.5	Ρευματοδότες
158	8	1.5	Ρευματοδότες
159	9	1.5	Ρευματοδότες
160	10	1.5	Ρευματοδότες
161	11	1.5	Ρευματοδότες
162	12	1.5	Ρευματοδότες
163	13	1.5	Ρευματοδότες
164	14	1.5	Ρευματοδότες
165	15	1.5	Ρευματοδότες
166	ΑΠΧ.Π		
167	7	2	Ρευματοδότες
168	8	1.5	Ρευματοδότες
169	9	1	Ρευματοδότες
170	10	1	Ρευματοδότες
171	11	1	Ρευματοδότες
172	12	1	Ρευματοδότες
173	13	1.5	Ρευματοδότες
174	14	1.5	Ρευματοδότες
175	15	1.5	Ρευματοδότες
176	ΥΠ.Π		
177	8	1	Ρευματοδότες
178	9	1	Ρευματοδότες
179	10	1	Ρευματοδότες
180	11	1	Ρευματοδότες
181	12	1	Ρευματοδότες
182	13	1	Ρευματοδότες
183	14	1	Ρευματοδότες
184	15	1	Ρευματοδότες
185	16	1	Ρευματοδότες
186	17	1	Ρευματοδότες
187	18	1	Ρευματοδότες
188	19	1	Ρευματοδότες
189	20	1	Ρευματοδότες
190	21	1	Ρευματοδότες
191	25	1	Ρευματοδότες
192	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Η/Υ	8	
193	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΕΚΤΥΠΩΤΩΝ	2	
194	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΗ	192	
195	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Η/Υ ΣΕ ΚΩΗ	4704	
196	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΚΤΥΠΩΤΩΝ ΣΕ ΚΩΗ	392	
197	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΩΝ ΣΕ ΚΩΗ	22579.2	
198	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ ΚΩΗ	27675.2	

Πίνακας 2.8: Υπολογισμός κατανάλωσης κυκλωμάτων

1	ΟΝΟΜΑ ΠΙΝΑΚΑ	ΙΣΧΥΣ ΣΕ KW	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
2	ΔΙΟ.Π		
3	17	1	Τροφοδοσία ups
4	18	0.5	Τηλεφωνικό κέντρο
5	ΚΥ.Π		
6	5	4	Θερμοσίφωνας
7	ΑΠΧ.Π		
8	17	0.5	Μεγαφωνική εγκατάσταση
9	ΜΗ.Π		
10	1	12.5	Μηχανή υδρ.ασανσέρ
11	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Τροφοδοσία ups	1	
12	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Τηλεφωνικό κέντρο	0.5	
13	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Θερμοσίφωνας	4	
14	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Μεγαφωνική εγκατάσταση	0.5	
15	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Μηχανή υδρ.ασανσέρ	12.5	
16	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWH Τροφοδοσία ups	1764	
17	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWH Τηλεφωνικό κέντρο	98	
18	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWH Θερμοσίφωνας	261.3333333	
19	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWH Μεγαφωνική εγκατάσταση	49	
20	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ KWH Μηχανή υδρ.ασανσέρ	2450	
21	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ	4622.333333	
22			

2.3 Κατανάλωση ψύξης-θέρμανσης σε KWH

Ένα αναπόσπαστο κομμάτι που πρέπει να συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς προκειμένου αυτοί να είναι αξιόπιστοι, είναι οι ανάγκες που έχει το σχολείο στη θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες και αντίστοιχα στην ψύξη, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Παρακάτω λοιπόν θα υπολογιστεί σε KWH η κατανάλωση ρεύματος του κτηρίου που έχει επιλεγεί.

Το σχολείο ως μονάδα έχει ανάγκη από θέρμανση κατά τους μήνες: Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο εξ' ολοκλήρου, καθώς και τις μισές μέρες του Μαρτίου. Αυτό μεταφράζεται σε 4,5 μήνες, οι οποίοι αποτελούνται από 135 μέρες. Ωστόσο πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι μέσα σε αυτούς τους μήνες, μεσολαβούν οι διακοπές των Χριστουγέννων. Επομένως, θα πρέπει από τος 135 μέρες να αφαιρεθούν οι 15, πράγμα που σημαίνει ότι οι μέρες των χειμερινών μηνών λειτουργίας της θέρμανσης θα

είναι 120. Συνεχίζοντας τους υπολογισμούς, διατυπώνεται επίσης ότι σε αυτές τις ημέρες περιλαμβάνονται και 34 μέρες οι οποίες είναι σαββατοκύριακα και πρέπει να αφαιρεθούν. Η θέρμανση λοιπόν του σχολείου λειτουργεί για 85 μέρες.

Με την ίδια λογική που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό της θέρμανσης, υπολογίζονται και οι μέρες λειτουργίας του κτηρίου κατά τις οποίες θα χρειαστεί ψύξη. Η ψύξη είναι απαραίτητη τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Μάιο, Ιούνιο, τους 4 μήνες δηλαδή που οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από τα ανεκτά επίπεδα. Αυτοί οι μήνες, αποτελούνται από 120 μέρες. Θα πρέπει όμως να αφαιρεθούν 32 μέρες από το σύνολο, καθώς αυτές είναι σαββατοκύριακα και απομένουν 88 μέρες ψύξης.

Ο τρόπος που το σχολείο επιτυγχάνει και την θέρμανση αλλά και τη ψύξη στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου γίνεται από κλιματιστικές μονάδες (Σχήμα 2.1) των οποίων η συνολική ισχύ τους είναι 8KW.



Σχήμα 2.1: Κλιματιστική μονάδα

Η κατανάλωση λοιπόν της ψύξης και της θέρμανσης για τις αίθουσες διδασκαλίας οι οποίες χρησιμοποιούν κεντρική κλιματιστική μονάδα υπολογίζεται ως: $88 + 85 = 173$ μέρες λειτουργίας άρα $173 \text{ μέρες} * 3 \text{ ώρες/μέρα} * 8 \text{ KW (πλήρες φορτίο)} + 173 \text{ μέρες} * 3 \text{ ώρες/μέρα} * 8 \text{ KW} * 0,5 \text{ (μερικό φορτίο)}$ ισούται με 4.930,5 KWH. Ο λόγος που το φορτίο χωρίζεται σε πλήρες και μερικό, είναι επειδή στην αρχή της λειτουργίας της κλιματιστικής

μονάδας χρειάζεται το πλήρες φορτίο, ώστε ο χώρος να φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία, ενώ τις υπόλοιπες ώρες που ο στόχος είναι διατήρηση της θερμοκρασίας η κεντρική κλιματιστική μονάδα χρειάζεται περίπου της μισή της ισχύ.

Μια ακόμη σημαντική κατανάλωση αποτελεί το μεταθερμαντικό στοιχείο της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, το οποίο βοηθά το σύστημα κλιματισμού στην θέρμανση σε περίπτωση χαμηλής θερμοκρασίας στον εξωτερικό χώρο. Το στοιχείο αυτό λειτουργεί για 1 ώρα/μέρα οπότε η κατανάλωση του είναι $85 \text{ μέρες} * 1 \text{ ώρα/μέρα} * 21 \text{ KW}$ δηλαδή 1.785 KWH.

Για την βιβλιοθήκη και τα γραφεία, το κτήριο λειτουργεί με διαφορετικά συστήματα σε σύγκριση με τις αίθουσες διδασκαλίας. Για την θέρμανση αυτών των χώρων χρησιμοποιούνται, τα συστήματα σωμάτων εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, ή αλλιώς τα επονομαζόμενα FanCoils (Σχήμα 2.2). Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από εσωτερικές μονάδες που μεταφέρει την θερμότητα ή την ψύξη στους διάφορους χώρους μέσω της τροφοδοσίας του από νερό κατάλληλης θερμοκρασίας.

Τα FanCoils παίρνουν νερό σε θερμοκρασία περίπου 50 βαθμών και με την βοήθεια του ανεμιστήρα διανέμουν τη θερμότητα στο χώρο, σε αντίθεση με τα απλά σώματα που το κάνουν με συναγωγή χωρίς βεβιασμένη ροή. Επιπλέον το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης FanCoils έναντι των απλών σωμάτων είναι ότι με την χρήση μιας αντλίας θερμότητας είναι εφικτή η ψύξη του χώρου με το ίδιο σύστημα. [6]



Σχήμα 2.2: FanCoil

Η κατανάλωση λοιπόν της θέρμανσης των γραφείων και της βιβλιοθήκης ισούται με $85 \text{ μέρες/θέρμανση} * 3 \text{ ώρες/μέρα (πλήρες φορτίο)} * 2,35 \text{ KW(φορτίο FanCoil)}$. Η προαναφερθείσα τιμή ισχύει για τις πρώτες 3 ώρες λειτουργίας, δηλαδή μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία. Για τις υπόλοιπες 3 ώρες υπάρχει ο συντελεστής 0,5 διότι το σύστημα δεν χρειάζεται την πλήρη ισχύ για να διατηρήσει την επιθυμητή θερμοκρασία. Άρα η κατανάλωση ισούται με $85 \text{ μέρες/θέρμανση} * 3 \text{ ώρες/μέρα (μερικό φορτίο)} * 2,35 \text{ KW (φορτίο FanCoil)} * 0,5$. Το άθροισμα των δυο αυτών καταναλώσεων αποτελεί τη κατανάλωση της βιβλιοθήκης και των γραφείων για τους χειμερινούς μήνες.

Για την ψύξη των χώρων αυτών, χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός των συστημάτων FanCoil και εναλλακτών αέρα-αέρα (Σχήμα 2.3). Ουσιαστικά τους χειμερινούς μήνες τα FanCoil καλύπτουν τις ανάγκες θέρμανσης, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει συνδυασμός.

Για τις 3 πρώτες ώρες της λειτουργίας του σχολείου, η ανάγκη ψύξης έχει ήδη καλυφθεί από τους εναλλάκτες, οι οποίοι λειτουργούν τις νυχτερινές ώρες, όταν δηλαδή η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και προσφέρουν ψυχρό αέρα στο εσωτερικό των χώρων, ενώ τις υπόλοιπες ώρες όπου η ανάγκη ψύξης αυξάνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας λειτουργούν τα FanCoil.



Σχήμα 2.3: Εναλλάκτης αέρα-αέρα

Η κατανάλωση λοιπόν αυτών των χώρων υπολογίζεται ως εξής: $88 \text{ μέρες/ψύξη} * 3 \text{ ώρες/μέρα} * 2,35 \text{ KW (φορτίο FanCoil)} + 88 \text{ μέρες} * 3 \text{ ώρες/μέρα} * 0,4 \text{ KW (ισχύς εναλλάκτη)}$. Αθροίζοντας τα παραπάνω υπολογίζεται η κατανάλωση των γραφείων και τη βιβλιοθήκης για ψύξη και θέρμανση του κτηρίου, η οποία ισούται με 1.625 KWH.

Όσο αφορά τον υπολογισμό καταναλώσεων του αίθουσας πολλαπλών χρήσεων, η διαδικασία είναι η ίδια, αφού χρησιμοποιούνται τα ίδια συστήματα, με τη μόνη διαφορά να έγκειται στο ότι αντί για 88 μέρες ψύξη και 85 μέρες θέρμανση, υπάρχει 7 μέρες ψύξη και 8 μέρες θέρμανση. Υπολογίζεται λοιπόν, όπως και πριν, ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων είναι 63,5 KWH.

Η λειτουργία των FanCoils απαιτεί την χρήση κυκλοφορητών νερού, αντλία θερμότητας και καυστήρα πετρελαίου. Για τον καυστήρα πετρελαίου ισχύει ότι λειτουργεί για 3 ώρες στο πλήρες φορτίο και 3 ώρες στο 50% του φορτίου κάθε φορά που τα FanCoils λειτουργούν για τη θέρμανση, συνεπώς η κατανάλωση του είναι 382,5 KWH.

Η αντλία θερμότητας βοηθά τα FanCoils στην ψύξη και η κατανάλωση της είναι 8.712 KWH. Οι κυκλοφορητές νερού έχουν συνολικά 1,4 KW και δουλεύουν κάθε φορά που λειτουργούν τα FanCoils. Αυτό σημαίνει ότι η κατανάλωση τους είναι 905,1 KWH.

Το άθροισμα όλων των παραπάνω αποτελεί την κατανάλωση για την ψύξη-θέρμανση του κτηρίου η οποία ισούται με 18.403,455 KWH. Παρακάτω, στο Πίνακα 2.9 φαίνεται η μελέτη κατανάλωσης της ψύξης-θέρμανσης του κτηρίου.

Πίνακας 2.9: Υπολογισμός κατανάλωσης ψύξης-θέρμανσης

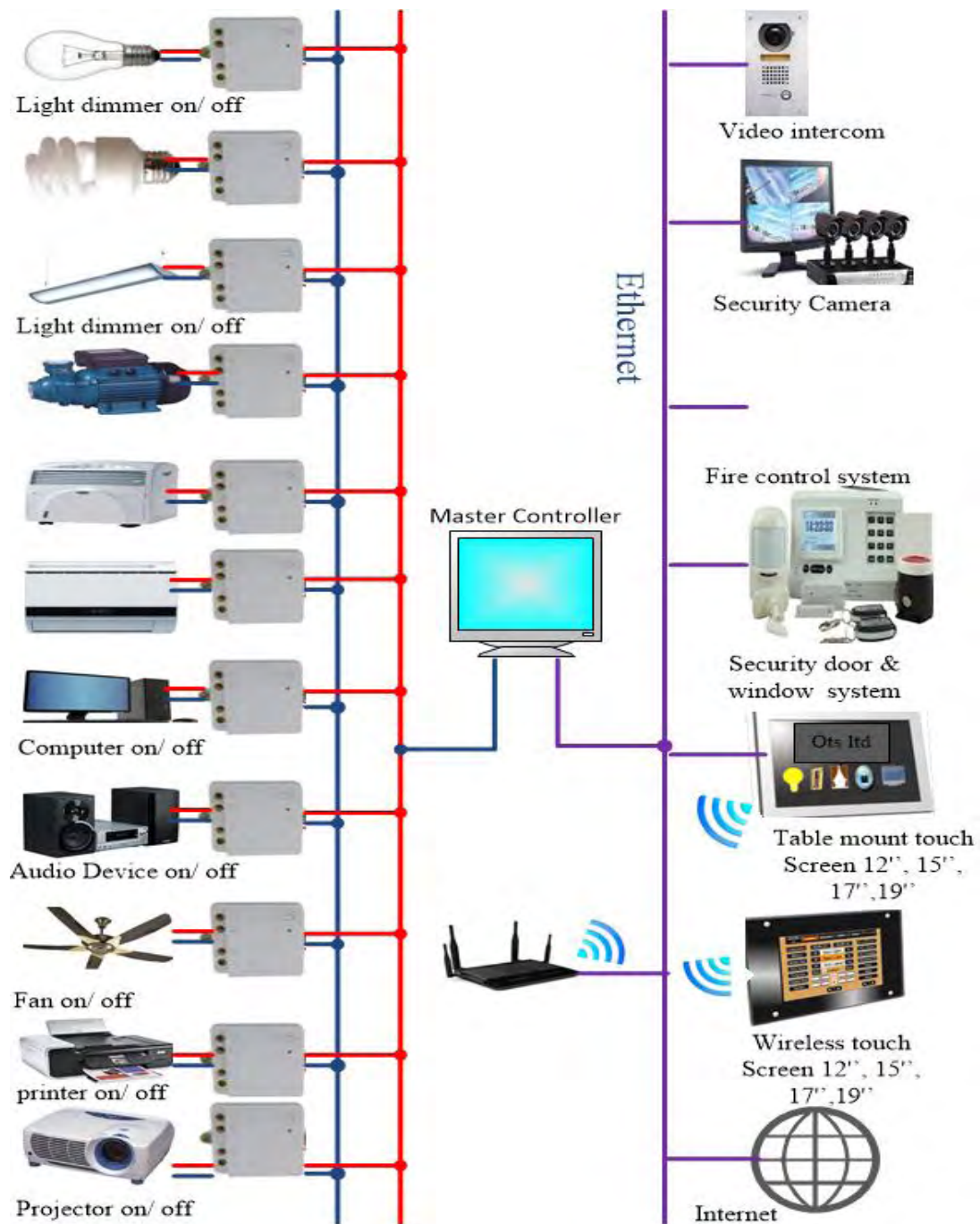
1	ΟΝΟΜΑ ΠΙΝΑΚΑ	ΙΣΧΥΣ ΣΕ KW	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΕ KWH
2	ΔΙΟ.Π			
3	ΔΙΟ.16	0.2	Εναλλάκτης αέρα-αέρα	52.8
4	ΔΙΟ.20	0.45	Τροφοδ. fan-coils	290.925
5	ΔΙΟ.21	0.4	Τροφοδ. fan-coils	258.6
6	ΒΙ.Π			
7	ΒΙ.5	1.5	Τροφοδ. fan-coils	969.75
8	ΒΙ.16	0.2	Εναλλάκτης αέρα-αέρα	52.8
9	ΑΠΧ.Π			
10	ΑΠΧ.5	0.6	Τροφοδ. fan-coils	34.2
11	ΑΠΧ.6	0.44	Τροφοδ. fan-coils	25.08
12	ΑΠΧ.18	0.2	Εναλλάκτης αέρα-αέρα	4.2
13	ΚΛΨ.Π			
14	ΚΛΨ.1	33	αντλία θερμότητας	8712
15	ΚΛΨ.2	2.5	Κεντρ.κλιματ.μονάδα	1557
16	ΚΛΨ.8	21	μεταθ/ντικό στοιχείο ΚΚΜ	1785
17	ΚΚΜ1.Π			
18	ΚΚΜ1.1	3	Κεντρ.κλιματ.μονάδα	1816.5
19	ΚΚΜ.Π			
20	ΚΚΜ2.1	2.5	Κεντρ.κλιματ.μονάδα	1557
21	ΛΕ.Π			
22	ΛΕ.1	1	Καυστήρας πετρελαίου	382.5
23	ΛΕ.2	0.5	Κυκλοφορητής	323.25
24	ΛΕ.3	0.2	Κυκλοφορητής	129.3
25	ΛΕ.4	0.2	Κυκλοφορητής	129.3
26	ΛΕ.5	0.5	Κυκλοφορητής	323.25
27	ΣΥΝΟΛΙΚΑ			18403.455

2.4 Τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κτηρίου

2.4.1 Συστήματα BMS

Το BMS (Building Management System), το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 2.4, είναι ένα σύστημα ελέγχου το οποίο εγκαθίσταται σε κτήρια για να εποπτεύει και να ελέγχει όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτηρίου όπως:

- ψύξη
- θέρμανση
- αερισμό
- φωτισμό [7]



Σχήμα 2.4: Σύστημα BMS

2.4.2 Άθροισμα καταναλώσεων

Στο συγκεκριμένο κτήριο έχει γίνει εγκατάσταση του συστήματος BMS μόνο στο στοιχείο του φωτισμού. Αυτό σημαίνει ότι στην περίπτωση που κάποιος χώρος δεν χρησιμοποιείται, τότε το σύστημα BMS θα κλείσει το φωτισμό μειώνοντας έτσι αυτόματα σημαντικά την ηλεκτρική κατανάλωση του.

Η ηλεκτρική κατανάλωση του φωτισμού στο σχολείο είναι 33.859,44 KWH η οποία σύμφωνα με τον πίνακα Κ.ΕΝ.Α.Κ. μειώνεται κατά 15%, συνεπώς η κατανάλωση φωτισμού είναι πλέον 28.780,5 KWH. Η κατανάλωση των διαφόρων κυκλωμάτων και η κατανάλωση της ψύξης-θέρμανσης όπως υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 2 είναι 32.297,2 KWH και 18.403,455 KWH αντίστοιχα. Η τελική κατανάλωση λοιπόν όλου του κτηρίου είναι ίση με 79.481,155 KWH.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ LED

3.1 Διαφορές λειτουργίας LED και λαμπτήρων φθορίου

Σε αυτό το σημείο της εργασίας, θα παρουσιαστούν οι διαφορές των λαμπτήρων LED με τι λάμπες φθορισμού, ώστε να αποφασιστεί ποιος είναι ο καταλληλότερος τρόπος φωτισμού για το κτήριο σύμφωνα με τις ανάγκες του.

3.1.1 Λειτουργία λαμπτήρα φθορισμού

Αρχικά, πρέπει να τονιστεί τι ακριβώς είναι μια λάμπα φθορισμού (Σχήμα 3.1) καθώς και ο τρόπος που αυτή λειτουργεί. Η λάμπα φθορισμού είναι λοιπόν μια χαμηλής πίεσης ατμών υδραργύρων λάμπα, που χρησιμοποιεί φθόριο για την παραγωγή ορατού φως. Το ηλεκτρικό ρεύμα διεγείρει τους ατμούς υδρογόνου και ως αποτέλεσμα παράγεται υπεριώδες φως. Κατόπιν, αυτό το υπεριώδες φως, με την βοήθεια του φθορίου που περιέχεται στις συγκεκριμένες λάμπες εκπέμπει το ορατό φως. [8]



Σχήμα 3.1: Λάμπα φθορισμού

3.1.2 Λειτουργία λαμπτήρα LED

Ένας άλλος τύπος λαμπτήρα, όπως έχει ειπωθεί, είναι και οι LED τύπου φθορίου (Σχήμα 3.2) . Αυτές στην ουσία είναι ένας σωλήνας πλαστικός η γυάλινος με πλάτη αλουμινίου, ή και όλος γυάλινος, που μέσα υπάρχει μια πλακέτα με LED smd. Η διαφορά τους σε σχέση με τις λάμπες φθορισμού, έγκειται στο ότι το φως είναι πιο κατευθυντικό. Πρέπει να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι οι νέες γενιές LED κατάφεραν με ειδικές διατάξεις στο εσωτερικού τους να εκπέμπουν το φως σε 200° - 320° γωνία εκπομπής φωτός. [8]



Σχήμα 3.2: Λάμπα LED

3.2 Πλεονεκτήματα χρήσης Λάμπας LED σε σχέση με φθορισμού

Σε γενικές γραμμές, αυτό που ισχύει σε ότι αφορά τη μέτρηση της φωτεινότητας μια λάμπας, χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης το 1 lumen. Για παράδειγμα αν κάποιος θα ήθελε να μετρήσει την αποδοτικότητα μιας λάμπας η οποία παράγει 15 lumen/watt, θα διαπιστώσει ότι είναι πιο φωτεινή σε σύγκριση με κάποια άλλη, η οποία παραγάγει 10 lumen/watt.

Αντίστοιχα, όσο περισσότερα τα watt τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η φωτεινότητα. Αυτό όμως αναπόφευκτα σημαίνει και την αύξηση της κατανάλωσης του ρεύματος. Για να περιοριστεί αυτός ο παράγοντας, η ιδανικότερη και πιο αποτελεσματική λύση είναι η χρήση της λάμπας η οποία παράγει μέγιστα lumen/watt. Στην συνέχεια, θα παρουσιαστούν τα πλεονεκτήματα της χρήσης λάμπας LED.

Αρχικά, οι λάμπες LED είναι πιο οικονομικές σε κατανάλωση ρεύματος σε σχέση με μια λάμπα φθορισμού ίδιας φωτεινότητας και ακόμα έχουν από 5 έως 10 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με αυτές του φθορισμού, κάτι που τις κάνει να αποτελούν μια ακόμα οικονομικότερη λύση.

Ακόμα, χρησιμοποιώντας μια λάμπα LED, θα έχει ως αποτέλεσμα την άμεση φωτεινότητα στο μέγιστο δυνατό βαθμό, ενώ σε μια λάμπα φωτισμού, χρειάζεται να περάσει ένα μικρό χρονικό διάστημα για να μπορέσει να φτάσει στην μέγιστη φωτεινότητα. Σε αυτό το πλαίσιο πρέπει να αναφερθεί ότι το φως της λάμπας LED δεν τρεμοπαίζει, εν αντιθέσει με αυτή του φθορισμού, δίνοντας πάντα σταθερό φως.

Ένα ακόμη επιχείρημα υπέρ της χρήσης λαμπτήρων LED έναντι των λαμπτήρων φθορισμού, είναι ότι η κατασκευή των πρώτων είναι ανθεκτικότερη σε σχέση με αυτή των δεύτερων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι η λάμπα LED δεν καθίσταται ευαίσθητη ούτε σε κραδασμούς, ούτε σε χτυπήματα ή ταρακουνήματα αλλά και στην θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι δεν ζεσταίνεται καθόλου κατά της χρήση της, κάτι που της δίνει μεγαλύτερη ασφάλεια στη χρήση σε σχέση με τη λάμπα φθορισμού.

Εμμένοντας στο κομμάτι της ασφάλειας, πρέπει σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι σε περίπτωση που μια λάμπα φθορισμού σπάσει είτε εξαιτίας της υπερθέρμανσης είτε για οποιοδήποτε άλλο λόγο, τότε μπορεί να γίνει επικίνδυνη για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού, διότι οι λάμπες φθορισμού περιέχουν τοξικές ουσίες, κάτι που δεν συμβαίνει με τις λάμπες LED, αφού αυτές δεν περιέχουν τοξίνες.

Τέλος, σε οικονομικό επίπεδο θα πρέπει να γίνει η παραδοχή ότι οι λάμπες LED είναι με πιο ακριβές για να τις αγοράσει κανείς σε σχέση με τις λάμπες φθορισμού, που είναι αδιαμφισβήτητα πιο χαμηλές σε κόστος αγοράς, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι σε βάθος χρόνου είναι η καλύτερη επιλογή. Αυτό συμβαίνει γιατί με τις λάμπες LED, εξαιτίας της χαμηλής τους κατανάλωσης, θα υπάρξει απόσβεση των χρημάτων που επενδύθηκαν για την αγορά τους, πιο γρήγορα σε σχέση με τις λάμπες φθορισμού ειδικά σε ένα κτήριο μεγάλης κλίμακας όπως ένα σχολείο. [8]

3.3 Εγκατάσταση φωτισμού LED με χρήση λογισμικού DIALux

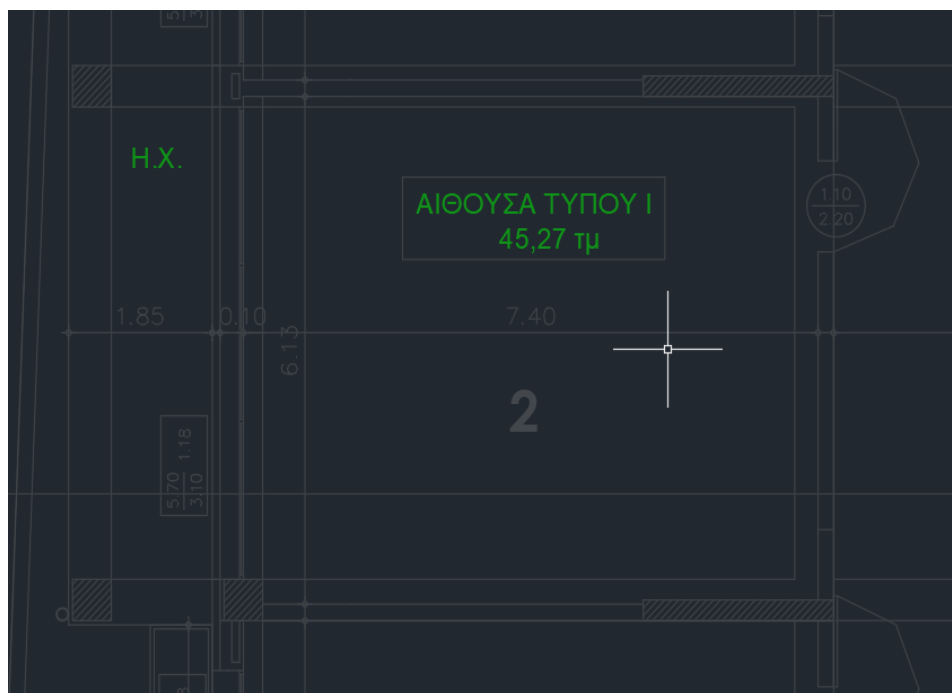
3.3.1 Γνωριμία με το λογισμικό DIALux

Το DIALux είναι ένα λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε από αρχιτέκτονες και ηλεκτρολόγους μηχανικούς ως πρόγραμμα υπολογισμού και σχεδιασμού, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στον σχεδιασμό φωτισμού και στους υπολογισμούς φωτισμού. Αυτό το πρόγραμμα είναι μια θετική προσθήκη στην εργαλειοθήκη του μηχανικού, καθώς τον βοηθά στην ορθή τοποθέτηση φωτιστικών σε δωμάτια και κτήρια.

Όλοι οι υπολογισμοί που χρειάζονται να πραγματοποιηθούν γύρω από την τοποθέτηση, γίνονται πολύ πιο εύκολα και γρήγορα μέσω αυτού του προγράμματος, το οποίο λειτουργεί πραγματοποιώντας υπολογισμούς σύμφωνα με τους κανονισμούς που ορίζονται από το LEED και BREEAM, τα οποία είναι προγράμματα πιστοποίησης κατασκευών που υποδηλώνουν ένα ορισμένο επίπεδο φιλικής προς το περιβάλλον επίτευξης ενός κτηρίου.

3.3.2 Παράδειγμα εγκατάστασης φωτισμού σε χώρο

Τυχαία γίνεται επιλογή ενός χώρου του κτηρίου. Ο χώρος αυτός είναι η αίθουσα 2 η οποία βρίσκεται στο ισόγειο του κτηρίου και φαίνεται στο Σχήμα 3.3 .



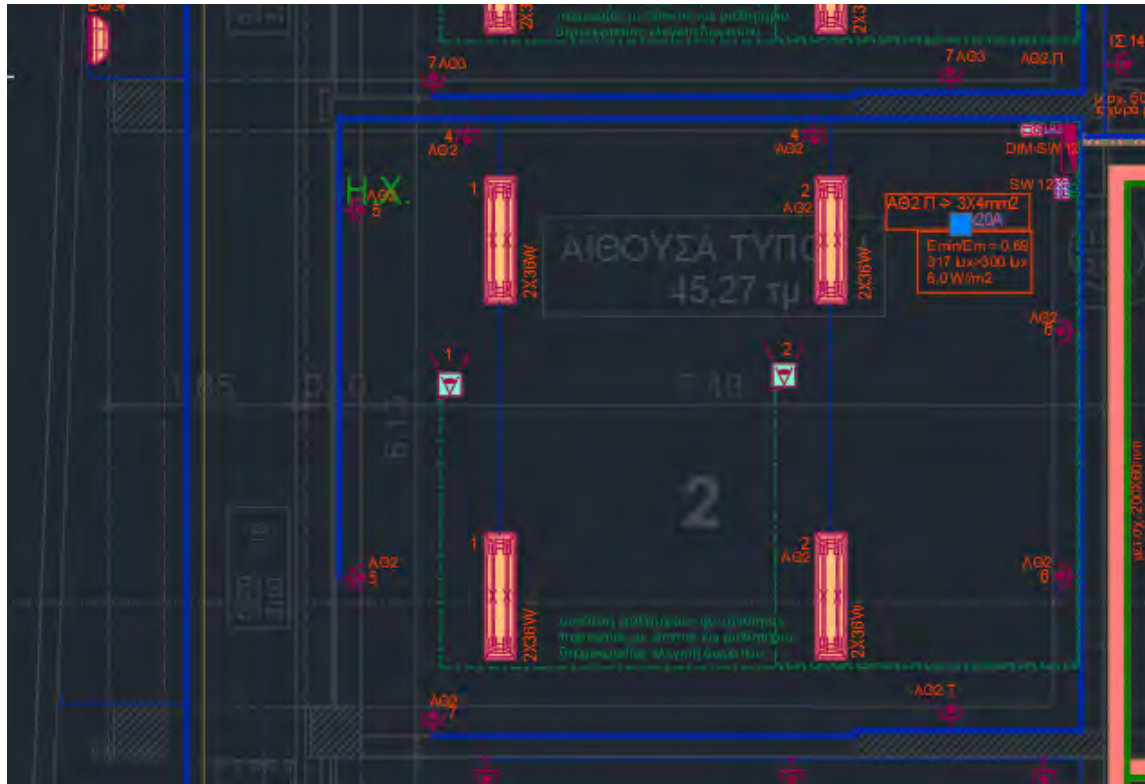
Σχήμα 3.3: Σχέδιο αίθουσας 2

Με βάση τον Πίνακα 3.1 που παραθέτει τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτηρίου, θα πρέπει να καλυφθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις για τον εν λόγω κτήριο. Ωστόσο με την εγκατάσταση ενός φωτιστικού σώματος φθορισμού, υπάρχει φορτίο 0,36 kw και παράγονται 317 lux > 300 lux το οποίο ικανοποιεί τα κριτήρια του πίνακα Κ.ΕΝ.Α.Κ (Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτηρίου). [9]

Πίνακας 3.1: Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτηρίου

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m]	Δείκτης θάμβωσης UGR	Ομοιομορφία φωτισμού Uo (min/μέση τιμή)
κ.ά.				
Εστιατόριο	200	0,8	-	-
Ζαχαροπλαστείο, καφενείο	250	0,8	-	-
Νυχτερινό κέντρο διασκέδασης, μουσική σκηνή	100	0,8	-	-
Θέατρο, κινηματογράφος	100	0,8	25	0,4
Χώρος συναυλιών	100	0,8	25	0,4
Χώρος εκθέσεων, μουσείο	200	0,8	22	0,4
Χώρος συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων	500	0,8	19	0,6
Τράπεζα	500	0,8	19	0,6
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	0,8	19	0,6
Κλειστό γυμναστήριο, κλειστό κολυμβητήριο	300	0,5	22	0,6
Διάδρομοι και άλλοι κοινόχρηστοι βοηθητικοί χώροι	100	0	28	0,4
Λουτρό (κοινόχρηστο)	200	0,8	25	0,4
Νηπιαγωγείο	300	0,8	19	0,6
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	300	0,8	19	0,6

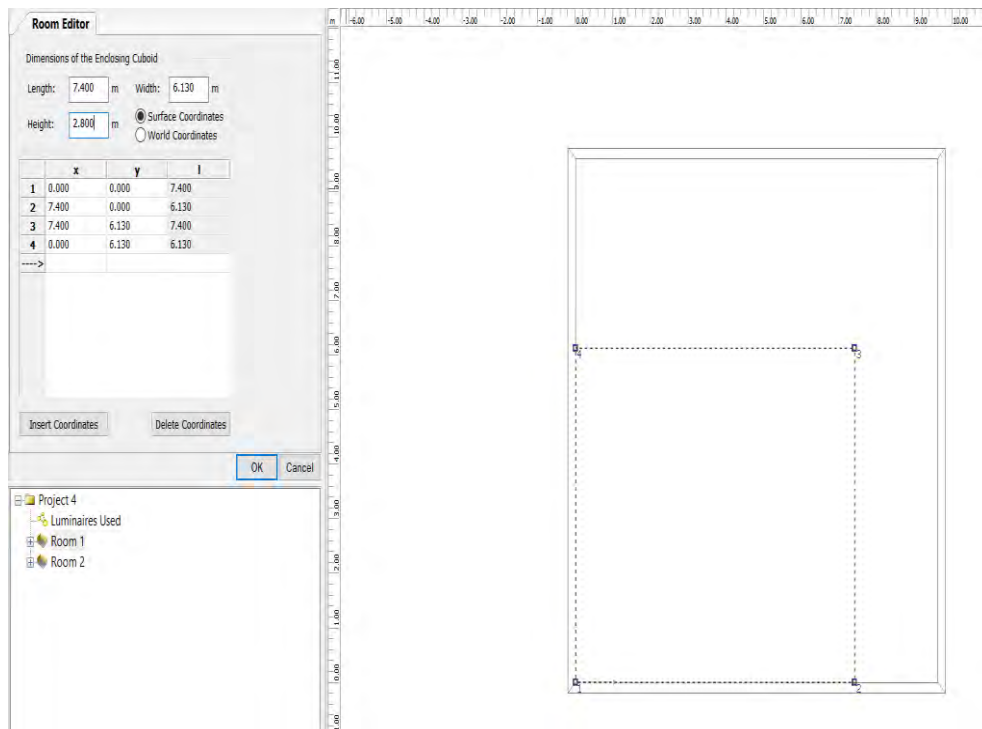
Μετά την εγκατάσταση φωτιστικού σώματος φθορισμού το σχέδιο της αίθουσας σύμφωνα με το οποίο θα γίνει η εγκατάσταση των φωτιστικών φαίνεται στο Σχήμα 3.4 .



Σχήμα 3.4: Σχέδιο αίθουσας 2 με φωτιστικά

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο υποκεφάλαιο τα πλεονεκτήματα χρήσης λαμπτήρων LED σε σχέση με λαμπτήρες φθορισμού είναι πολλά και συναντώνται σε πολλούς τομείς που συνδέονται με την οικονομικότερη λύση σε συνδυασμό με την χαμηλότερη ηλεκτρική κατανάλωση, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η εγκατάσταση τους θα θυσιάσει κάτι από το φωτισμό, καθώς σε αυτό το κομμάτι, θα έχουν τον ίδιο ή καλύτερο φωτισμό.

Διεισδύοντας, τώρα, περισσότερο στην πράξη, ώστε να προχωρήσει η εγκατάσταση του φωτισμού, μετρώνται οι διαστάσεις του δωματίου, οι οποίες είναι 7.4 μέτρα μήκος, 6.13 μέτρα πλάτος και 2.8 μέτρα ύψος. Τα στοιχεία αυτά τώρα πρέπει στη συνέχεια να περαστούν στο πρόγραμμα DIALux (Σχήμα 3.5) ώστε να υπολογιστούν για την κατασκευή της αίθουσας.



Σχήμα 3.5: Δημιουργία αίθουσας στο DIALux

Το επόμενο βήμα είναι η επιλογή της εταιρίας παραγωγής λαμπτήρων και η επιλογή σε προσέγγιση των lux (Σχήμα 3.6), καθώς επίσης και η βέλτιστη διάταξη εγκατάστασης (Σχήμα 3.7) .

Field parameters

Rows: 2 Luminaires per: 2

Start Point X: 0.000 m Y: 0.000 m

End point X: 7.400 m Y: 6.130 m

Luminaire Mounting

Mounting Type: Recessed

Suspension Height: -0.065 m

Mounting Height: 2.865 m

Height: 2.049 m

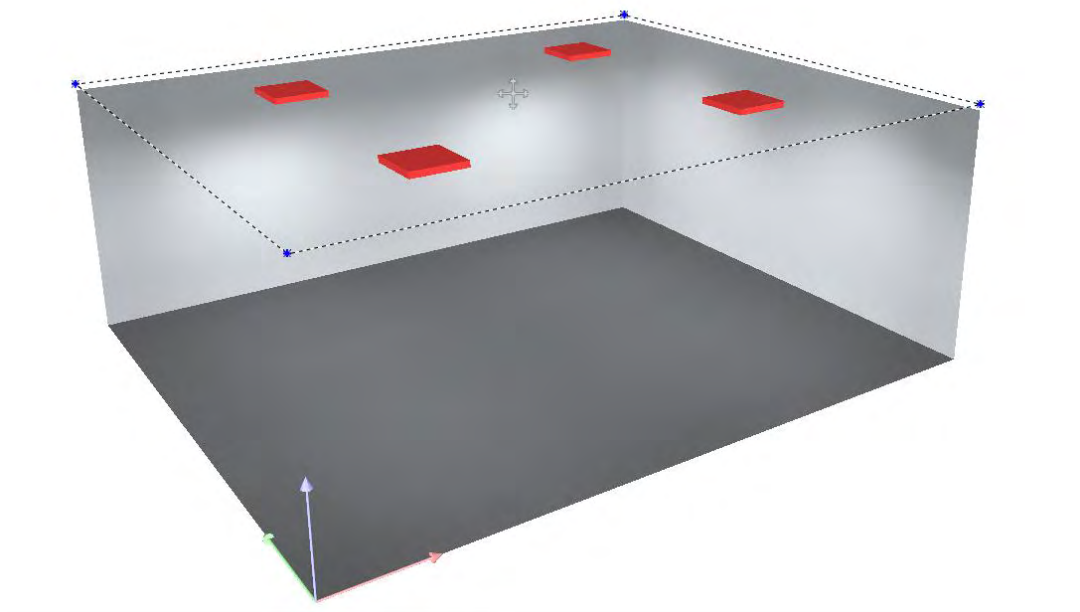
Room Height: 2.800 m Workplane Height: 0.750 m

Rough calculation

E: 300 lx **Suggestion**

	Luminaires	Total
Planing value:	334 lx	334 lx
New value:	418 lx	418 lx

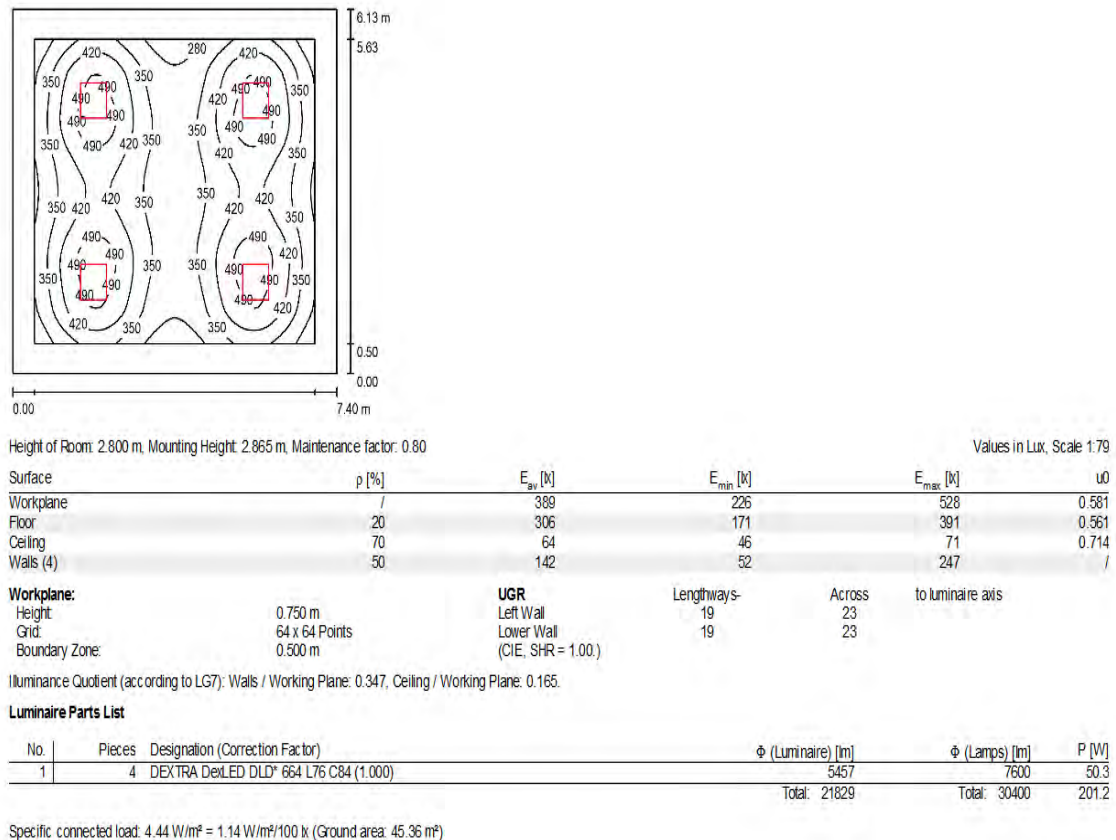
Σχήμα 3.6: Προσδιορισμός διάταξης φωτιστικών



Σχήμα 3.7: Τρισδιάστατη απεικόνιση φωτιστικών

Τέλος, όπως είναι ξεκάθαρο από το Σχήμα 3.8, παράγεται η τελική αναφορά από το πρόγραμμα, η οποία περιέχει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται ο μηχανικός για να προχωρήσει την διαδικασία της εγκατάστασης του φωτισμού, ο οποίος αυτή τη φορά θα γίνει με λαμπτήρες LED.

Πιο συγκεκριμένα, τα φωτιστικά LED παράγουν 389 lux τα οποία είναι 89 περισσότερα από τα ελάχιστα όρια του πίνακα Κ.ΕΝ.Α.Κ (300) και 72 περισσότερα από τα φωτιστικά φθορισμού(317). Επίσης η ισχύς πλέον έχει πέσει στα 0,2 kw σε σχέση με 0,36 kw των φωτιστικών φθορισμού καθιστώντας την τεχνολογία LED πιο αποδοτική και πιο οικονομική και στην πράξη.



Σχήμα 3.8: Περίληψη προγράμματος DIALux

3.4 Μελέτη φωτισμού LED σε κάθε χώρο

Όπως παρουσιάστηκε λοιπόν, στην ενότητα 3.3.2, η εγκατάσταση φωτιστικών LED χρησιμοποιώντας την αίθουσα 2 ως δείγμα, πρέπει να αναφερθεί ότι η μέθοδος αυτή ακολουθήθηκε επακριβώς και σε κάθε χώρο του κτηρίου, χωρίς όμως αυτά να παρουσιαστούν με τον ίδιο αναλυτικό τρόπο για οικονομία χώρου. Παρακάτω ωστόσο, στους πίνακες που ακολουθούν, φαίνεται ξεκάθαρα ότι με την εγκατάσταση λαμπτήρων LED και την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού, έχει ήδη επιτευχθεί σημαντικά η μείωση της κατανάλωσης.

Στο Πίνακα 3.2 φαίνεται η ισχύς των κυκλωμάτων φωτισμού των εργαστηρίων πληροφορικής, του εργαστηρίου φυσικής-χημείας και των γραφείων διοίκησης. Στη συνέχεια στο Πίνακα 3.3 παρουσιάζεται η μελέτη φωτισμού για τα κυκλώματα του πρώτου ορόφου, του ισογείου και των αιθουσών διδασκαλίας, ενώ στο Πίνακα 3.4 υπάρχει η μελέτη φωτισμού του εξωτερικού χώρου, της βιβλιοθήκης και του υπογείου.

Πίνακας 3.2: Ισχύς φθορισμού και LED

1	ΟΝΟΜΑ ΠΙΝΑΚΑ	ΙΣΧΥΣ ΣΕ KW ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	ΙΣΧΥΣ ΣΕ KW LED
2	ΕΠΛ1.Π		
3	1.1	0.18	0.12
4	1.2	0.18	0.12
5	1.3	0.18	0.12
6	ΕΠΛ2.Π		
7	2.1	0.18	0.12
8	2.2	0.18	0.12
9	2.3	0.18	0.12
10	ΕΠΛ3.Π		
11	3.1	0.18	0.12
12	3.2	0.18	0.12
13	3.3	0.18	0.12
14	ΕΠΛ4.Π		
15	4.1	0.18	0.12
16	4.2	0.18	0.12
17	4.3	0.18	0.12
18			
19	ΕΦΧ.Π		
20	1	0.18	0.12
21	2	0.18	0.12
22	3	0.18	0.12
23	4	0.18	0.12
24	ΕΞΓ1.Π		
25	1.1	0.18	0.12
26	1.2	0.18	0.12
27	1.3	0.18	0.12
28	ΕΞΓ2.Π		
29	2.1	0.18	0.12
30	2.2	0.18	0.12
31	2.3	0.18	0.12
32	ΔΙΟ.Π		
33	1	0.45	0.25
34	2	0.36	0.22
35	3	0.27	0.2
36	4	0.27	0.2
37	5	0.18	0.12
38	ΟΡ.Π		
39	1	0.06	0.05
40	2	0.06	0.05
41	3	0.06	0.05
42	4	0.06	0.05
43	5	0.06	0.05

Πίνακας 3.3: Ισχύς φθορισμού και LED

44	6	0.06	0.05
45	7	0.45	0.25
46	8	0.45	0.25
47	9	0.27	0.2
48	15	0.18	0.12
49	18	0.5	0.4
50	AΘ1.Π		
51	1.1	0.18	0.12
52	1.2	0.18	0.12
53	AΘ2.Π		
54	2.1	0.18	0.12
55	2.2	0.18	0.12
56	AΘ3.Π		
57	3.1	0.18	0.12
58	3.2	0.18	0.12
59	AΘ4.Π		
60	4.1	0.18	0.12
61	4.2	0.18	0.12
62	AΘ5.Π		
63	5.1	0.18	0.12
64	5.2	0.18	0.12
65	AΘ6.Π		
66	6.1	0.18	0.12
67	6.2	0.18	0.12
68	AΘ7.Π		
69	7.1	0.18	0.12
70	7.2	0.18	0.12
71	AΘ8.Π		
72	8.1	0.18	0.12
73	8.2	0.18	0.12
74	KY.Π		
75	1	0.18	0.12
76	ΙΣ.Π		
77	1	0.06	0.05
78	2	0.06	0.05
79	3	0.06	0.05
80	4	0.06	0.05
81	5	0.06	0.05
82	6	0.24	0.2
83	7	0.24	0.2
84	8	0.12	0.08
85	9	0.18	0.1
86	10	0.27	0.2

Πίνακας 3.4: Ισχύς φθορισμού και LED

87	11	0.45	0.25
88	12	0.72	0.4
89	ΒΙ.Π		
90	1	0.18	0.1
91	2	0.18	0.1
92	3	0.18	0.1
93	4	0.18	0.1
94	ΑΠΧ.Π		
95	1	0.9	0.5
96	2	0.9	0.5
97	3	0.9	0.5
98	4	0.9	0.5
99	ΥΠ.Π		
100	1	0.36	0.22
101	2	0.36	0.22
102	3	0.36	0.22
103	4	0.36	0.22
104	5	0.72	0.4
105	6	0.45	0.25
106	7	0.81	0.5
107	22	0.06	0.05
108	23	0.06	0.05
109	24	0.06	0.05
110	ΕΦ.Π		
111	1	1.6	1
112	2	0.12	0.08
113	3	0.3	0.2
114	4	0.16	0.1
115	5	0.4	0.22
116	6	0.4	0.22
117	7	0.4	0.22
118	8	0.4	0.22
119	ΣΥΝΟΛΙΚΑ KW	24.98	15.59
120	KW ΑΙΘ. ΠΟΛ. ΧΡΗΣΕΩΝ	3.6	2
121	KW ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	2.88	1.92
122	KW ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΧΩΡΩΝ	18.5	11.67
123	KWH ΑΙΘ. ΠΟΛ. ΧΡΗΣΕΩΝ	108	60
124	KWH ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ	1117.44	744.96
125	KWH ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΧΩΡΩΝ	32634	20585.88
126	KWH ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	33859.44	21390.84

Συμπερασματικά, η κατανάλωση του φωτισμού μειώνεται από 33.859,44 KWH σε 21.390,84 KWH που σημαίνει ότι υπάρχει μείωση κατανάλωσης περίπου 37%. Επιπλέον υπάρχει μείωση 15 % στην κατανάλωση λόγω του συστήματος BMS άρα η τελικά η κατανάλωση είναι 18.182,2 KWH. Πλέον η ηλεκτρική κατανάλωση του κτηρίου μειώνεται σε 68.882,8 KWH.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

4.1 Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια

4.1.1 Ιστορία της αιολικής ενέργειας

Η αιολική ενέργεια είναι ουσιαστικά η κινητική ενέργεια των αέριων μαζών της ατμοσφαιράς. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον άνθρωπο πριν από χιλιάδες χρόνια και αντικατέστησε την μυϊκή δύναμη του στις θαλάσσιες μετακινήσεις, καθώς επίσης αποτέλεσε την κυρίαρχη κινητική δύναμη ως τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Στην ξηρά έκανε την εμφάνισή της ως μέσο για την άλεση των δημητριακών ήδη από το 250 π.Χ. στην Περσία, με την ύπαρξη των ανεμόμυλων. Η χρήση του ανεμόμυλου διαδόθηκε αργότερα στην Δυτική Ευρώπη, ενώ ήδη είχε χρησιμοποιηθεί στην Κίνα. Αργότερα στα μέσα του 19^{ου} αιώνα διαδόθηκε η ατμομηχανή, η οποία και έβαλε τέλος στη κυριαρχία των ανεμοκινητήρων. Από τις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα, μεγάλωσε το ενδιαφέρον για την παραγωγή από τον άνεμο ηλεκτρικής ενέργειας και κατασκευάστηκε σε αρκετές χώρες του κόσμου αριθμός πρωτοποριακών για την εποχή τους αιολικών μηχανών, με λίγα λόγια οι πρώτες ανεμογεννήτριες. [10]

4.1.2 Πλεονεκτήματα χρήσης αιολικής ενέργειας

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης της αιολικής ενέργειας, είναι πολλαπλά και συναντώνται τόσο στον οικονομικό όσο και στον περιβαλλοντικό τομέα. Το κυριότερο όλων βέβαια και αυτό που τα συνοψίζει όλα είναι ότι πρόκειται για μια ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Η αιολική ενέργεια, στηρίζεται στην ύπαρξη ανέμων κατά το μεγαλύτερο μέρος της διάρκειας της ημέρας και αυτό επιτρέπει τη συνεχόμενη σχεδόν εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού.

Ένα ακόμα σημαντικό προτέρημα είναι ότι δεν ρυπαίνει το περιβάλλον αλλά και ότι το «καύσιμο» το οποίο χρησιμοποιεί δεν κοστίζει. Ακόμα, εμμένοντας στο οικονομικό κομμάτι, πρέπει να αναφερθεί ως θετικός παράγοντας το γεγονός ότι με τα χρόνια, τα κόστη σχεδιασμού, εγκατάστασης και λειτουργίας μονάδων εκμετάλλευσης αιολικής

ενέργειας, μειώνονται συνεχώς τόσο λόγω της ανάγκης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όσο και της εξέλιξης της τεχνολογίας [11]

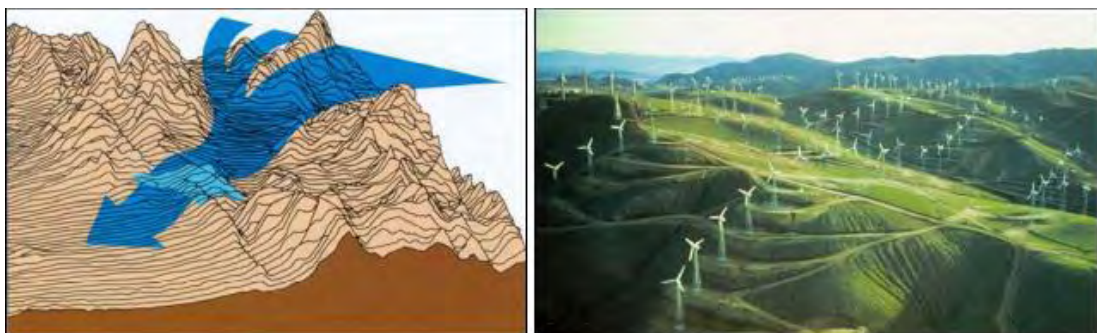
4.1.3 Μειονεκτήματα χρήσης αιολικής ενέργειας

Τα μειονεκτήματα της χρήσης αιολικής ενέργειας παρουσιάζονται κυρίως στον τομέα της ισχύος, επειδή πρόκειται για αραιή μορφή ενέργειας, διαθέτουν μικρή πυκνότητα ισχύος. Επιπλέον είναι μεταβαλλόμενη μορφή ενέργειας, λόγω της διακύμανσης της έντασης και της ταχύτητας του ανέμου και δεν μπορεί επομένως να υπολογιστεί με σταθερότητα. Αυτό συνδέεται με την αποδοτικότητά της, η οποία είναι αρκετά μικρή.

Σε δεύτερο επίπεδο είναι οι αντιαισθητικές της διατάξεις, οι οποίες είναι πολύ μεγάλες σε μέγεθος και επομένως δεν της καθιστούν τόσο εύχρηστες. Αυτό σε συνδυασμό με την μεγάλη ηχορύπανση τόσο της περιοχής που βρίσκονται εγκατεστημένα μηχανήματα που εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια, όσο και των γειτονικών περιοχών, κάνει την αιολική ενέργεια μια λιγότερο επιθυμητή λύση σε κάποιους. [11]

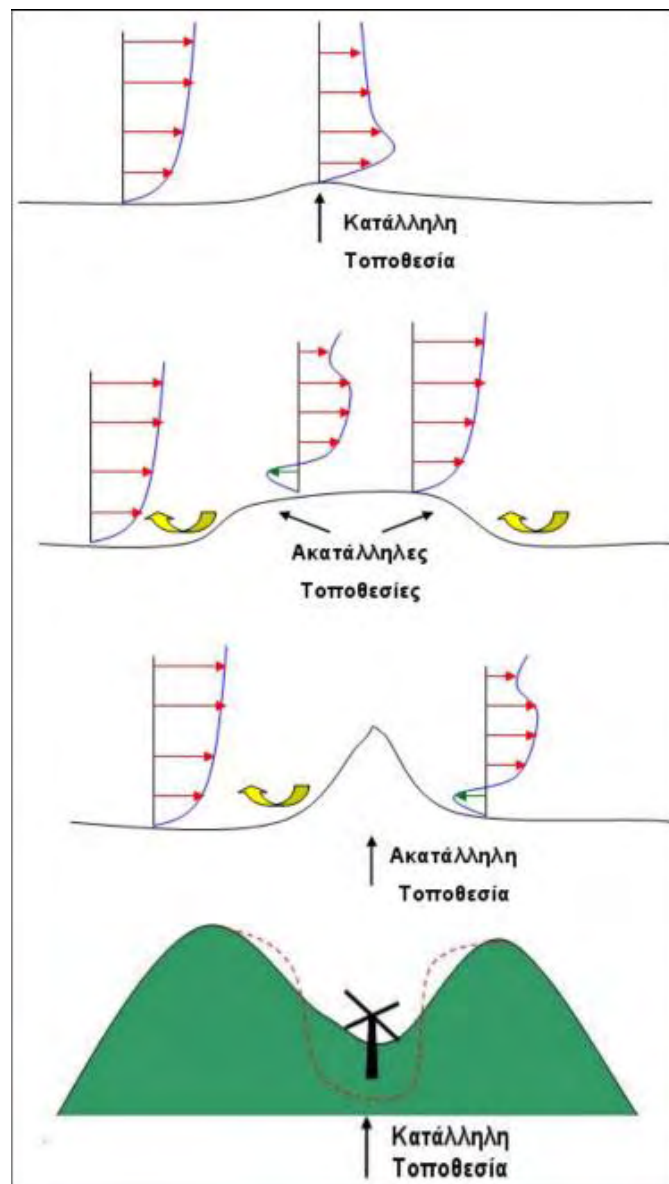
4.1.4 Επίδραση του ανάγλυφου στη ταχύτητα ανέμου

Η τοποθεσία του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο στην επιβράδυνση ή την επιτάχυνση και τις παρεκκλίσεις του ανέμου. Τα αιολικά πάρκα τοποθετούνται σε τοποθεσίες σύμφωνα με μελέτες ροής ανέμου, με στόχο της βέλτιστης απόδοσης τους (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1: Μελέτη ροής ανέμου και εγκατάσταση αιολικού πάρκου

Σε γενικές γραμμές, τα βουνά, οι λόφοι, οι κοιλάδες, οι κορυφογραμμές ή πλαγιές έχουν μεγάλη επίδραση στην κατανομή του ανέμου. Οι ευνοϊκότερες περιοχές για αιολική εκμετάλλευση και εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι οι θαλάσσιες, που βρίσκονται κοντά στις ακτές καθώς και οι κορυφογραμμές χαμηλών επιμηκών λόγων ύψους 100-500 μέτρα, παράλληλων προς την ακτή, με μέτριες και προοδευτικές κλίσεις και χωρίς επίπεδο μέρος στη κορυφή. Το αποτέλεσμα της σωστής τοποθέτησης (Σχήμα 4.2) μπορεί να προκαλέσει αύξηση της ταχύτητας από 60 έως 80 %. [11]



Σχήμα 4.2: Βέλτιστη τοποθεσία ανεμογεννητριών

4.2 Εισαγωγή στις ανεμογεννήτριες

Η ανεμογεννήτρια είναι μια αιολική μηχανή η οποία λειτουργεί χρησιμοποιώντας την δύναμη του ανέμου, μετατρέποντας κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η κατασκευή της αποτελείται από μια στήλη κάθετη στην γη και μια τουρμπίνα στην κορυφή της.

Ανάλογα με το μέγεθος μια ανεμογεννήτριας, η χρήση της μπορεί να ποικίλει και να τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια από μικρά τροχόσπιτα μέχρι και μεγάλα κτήρια. Ακόμα, πλήθος τέτοιων ανεμογεννητριών συγκροτούν τα αιολικά πάρκα (Σχήμα 4.3) που αποτελούν ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Αρκετές χώρες κατασκευάζουν αιολικά πάρκα με στόχο τη μείωση εκπομπής ρύπων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.



Σχήμα 4.3: Αιολικό πάρκο

Ωστόσο, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όλη η αιολική ενέργεια για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, εξαιτίας ορισμένων προβλημάτων βάρους και αεροδυναμικής. Για να καταπολεμηθούν αυτοί οι ανασταλτικοί παράγοντες, έχουν πλέον κατασκευαστεί

μικρές ανεμογεννήτριες οι οποίες είναι ικανές να λειτουργούν σε μικρές ταχύτητες ανέμου.

Οι ανεμογεννήτριες, υπακούν στο νόμο της αρχής διατήρησης της μάζας. Αυτό σημαίνει ότι όση μάζα αέρα εισέρχεται στην ανεμογεννήτρια τόση θα πρέπει να εξέρθει από αυτή. Σύμφωνα με τον νόμο του Betz η μέγιστη αιολικής/κινητικής ενέργειας είναι 16/27. Η απόδοση της ανεμογεννήτριας δίνεται από τον τύπο:

$$P = (16/27) * (1/2) * \rho * v^3 * A.$$

όπου:

P=απόδοση

ρ =πυκνότητα αέρα

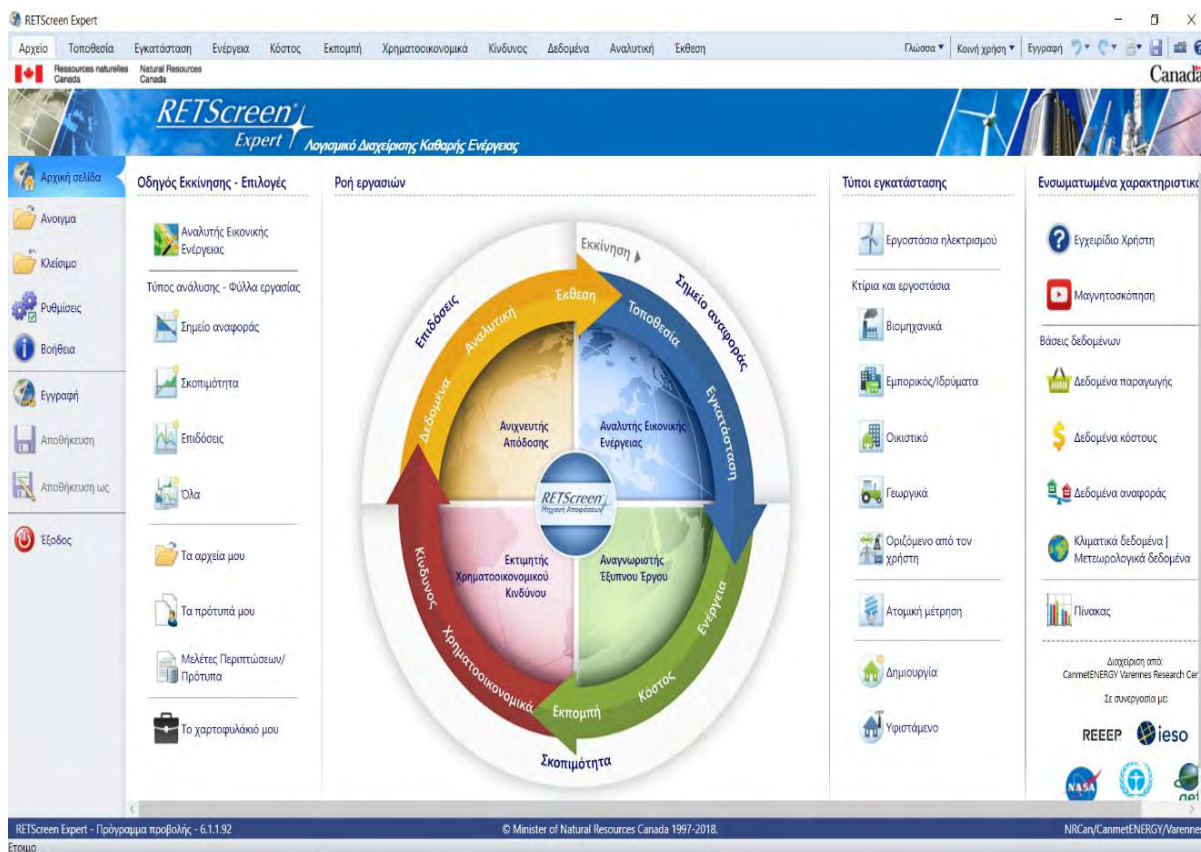
v=ταχύτητα αέρα

A=παραγωγικές περιοχές γεννήτριας [10]

4.3 Γνωριμία με το λογισμικό RETScreen Expert

Για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών, θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό RETScreen Expert (Σχήμα 4.4), καθώς και το λογισμικό AUTOCad το οποίο αναλύθηκε στην ενότητα 1.3 και δεν θα ξαναπαρουσιαστεί για οικονομία χώρου.

Παρακάτω λοιπόν, θα εμφανιστεί μια πρώτη όψη του λογισμικού RETScreen Expert και στη συνέχεια θα παρουσιαστεί εκτενώς ο τρόπος λειτουργίας του αλλά και η ευρεία χρήση του.



Σχήμα 4.4: RETScreen Expert

Το RETScreen Expert είναι ένα λογισμικό διαχείρισης της ενεργειακής απόδοσης, της ανανεώσιμης ενέργειας και της παραγωγής καθώς και της ανάλυσης ενεργειακών επιδόσεων. Το RETScreen Expert εξουσιοδοτεί τους επαγγελματίες και του υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να εντοπίζουν ταχέως, να αξιολογούν και να βελτιστοποιούν την τεχνική και οικονομική βιωσιμότητα των έργων καθαρής ενέργειας.

Αυτή η πλατφόρμα λογισμικού, είναι ακόμη στην ουσία αυτή που επιτρέπει στους διαχειριστές των κτηρίων να μετρήσουν και να ελέγξουν εύκολα και σωστά την πραγματική απόδοση των εγκαταστάσεων τους. Χάρη στο RETScreen Expert λοιπόν, οι παραπάνω είναι σε θέση να βοηθούν στην εύρεση πρόσθετων ευκαιριών εξοικονόμησης ενέργειας /παραγωγής.

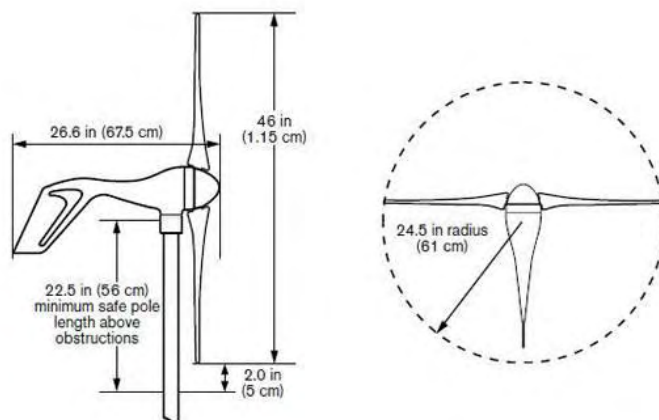
4.4 Σχέδιο εγκατάστασης ανεμογεννητριών

Στο συγκεκριμένο κτήριο που επιλέχθηκε για τις ανάγκες της μελέτης, θα χρησιμοποιηθούν ανεμογεννήτριες μικρής κλίμακας για λόγους οικονομικούς αλλά και πρακτικούς. Αυτή η απόφαση γίνεται εξαιτίας του ότι οι μεγάλες ανεμογεννήτριες καταλαμβάνουν υπερβολικά πολύ χώρο, καθιστώντας την εγκατάστασή τους σε χώρο σχολείου αδύνατη. Στο συγκεκριμένο χώρο, θα γίνει αντί αυτού η εγκατάσταση ανεμογεννητριών Southwest Windpower Air X Generator μιας και αυτό το μοντέλο ταιριάζει περισσότερο στις ανάγκες του κτηρίου αλλά και στο διαθέσιμο χώρο που αυτό έχει. Παρακάτω στο Σχήμα 4.5 που ακολουθεί, φαίνεται ακριβώς το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί:



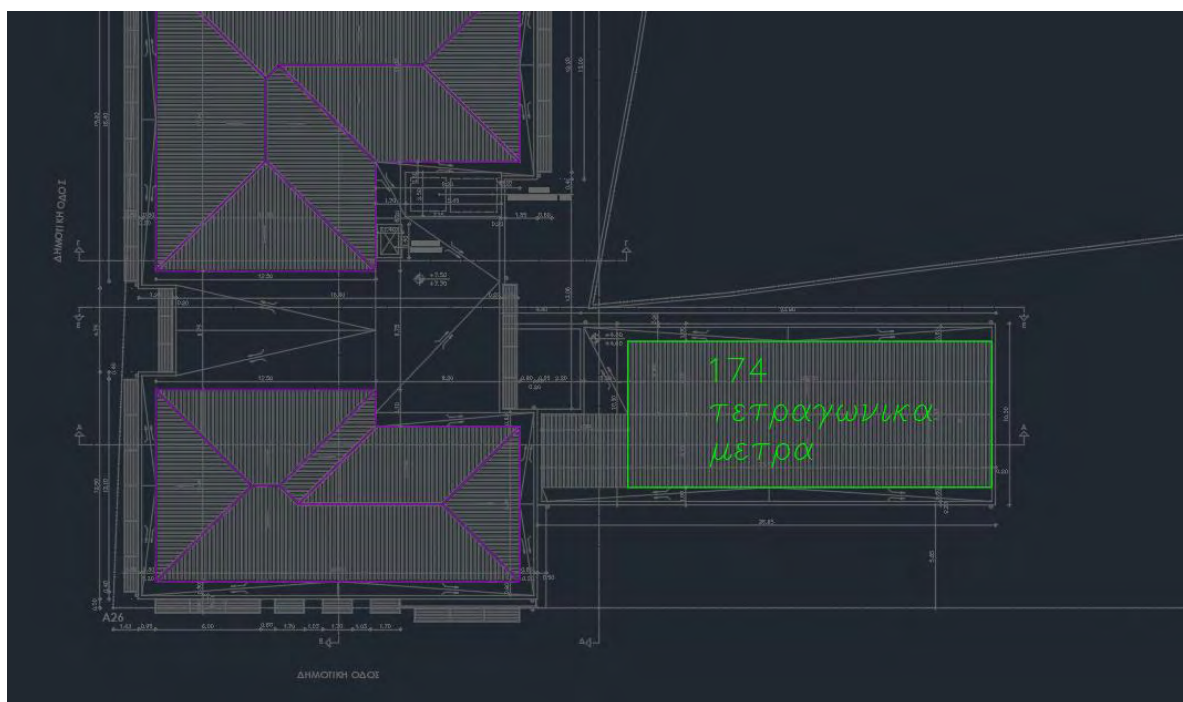
Σχήμα 4.5: Southwest Windpower Air X Generator

Η επιλογή των ανεμογεννητριών αυτών έγινε με βάση τρεις παράγοντες: τον οικονομικό, τον αποδοτικό και τέλος τον παράγοντα των διαστάσεων. Η ισχύς ανέρχεται στα 400 Watt και οι διαστάσεις του συγκεκριμένου τύπου ανεμογεννητριών φαίνεται στο Σχήμα 4.6.



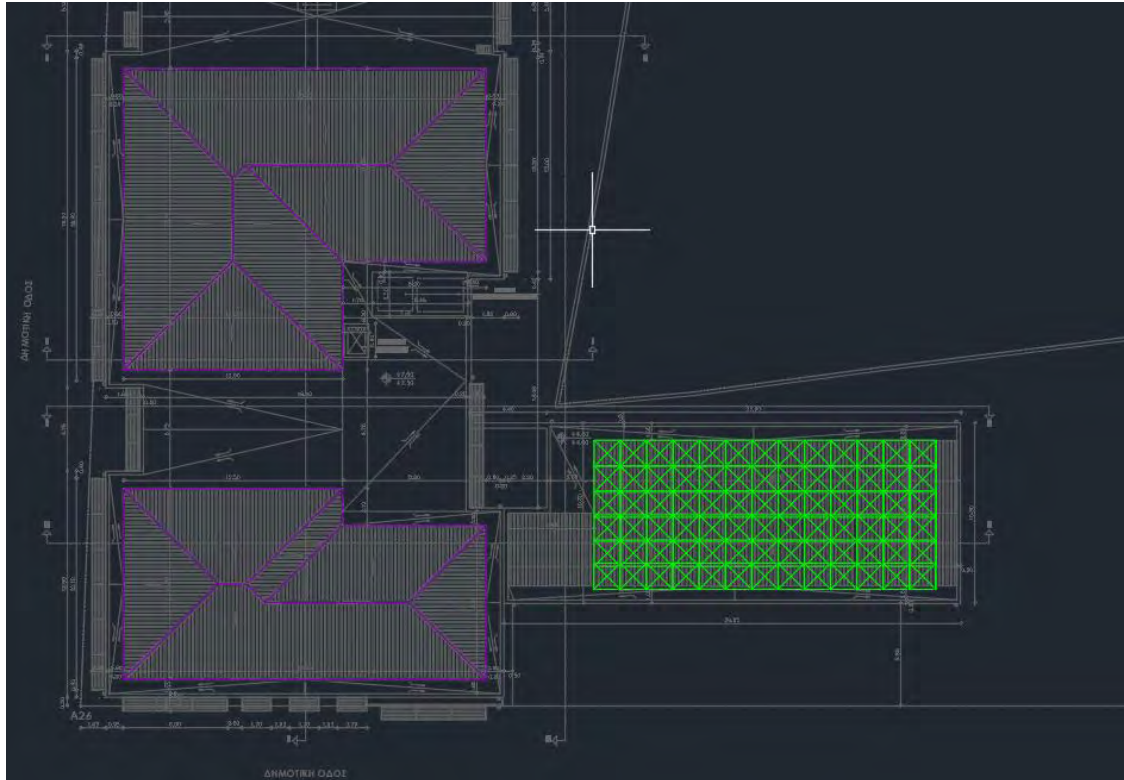
Σχήμα 4.6: Διαστάσεις ανεμογεννήτριας

Όπως φαίνεται, λοιπόν, σε μήκος η ανεμογεννήτρια είναι 1.15 μέτρα, όσο δηλαδή είναι η διάμετρος των λεπίδων και σε πλάτος 0,675 μέτρα. Τόσο για λόγους ασφαλείας όσο και για πρακτικούς λόγους, δηλαδή χώρος που καταλαμβάνει η εγκατάσταση, θεωρείται ότι η κάθε ανεμογεννήτρια καταλαμβάνει 2.25 τετραγωνικά (1,5 μέτρα μήκος , 1,5 μέτρα πλάτος). Λαμβάνοντας αυτά υπόψιν, φαίνεται ότι η περιοχή η οποία είναι καταλληλότερη για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών (Σχήμα 4.7) είναι 174 τετραγωνικά μέτρα.



Σχήμα 4.7: Σημείο εγκατάστασης ανεμογεννητριών

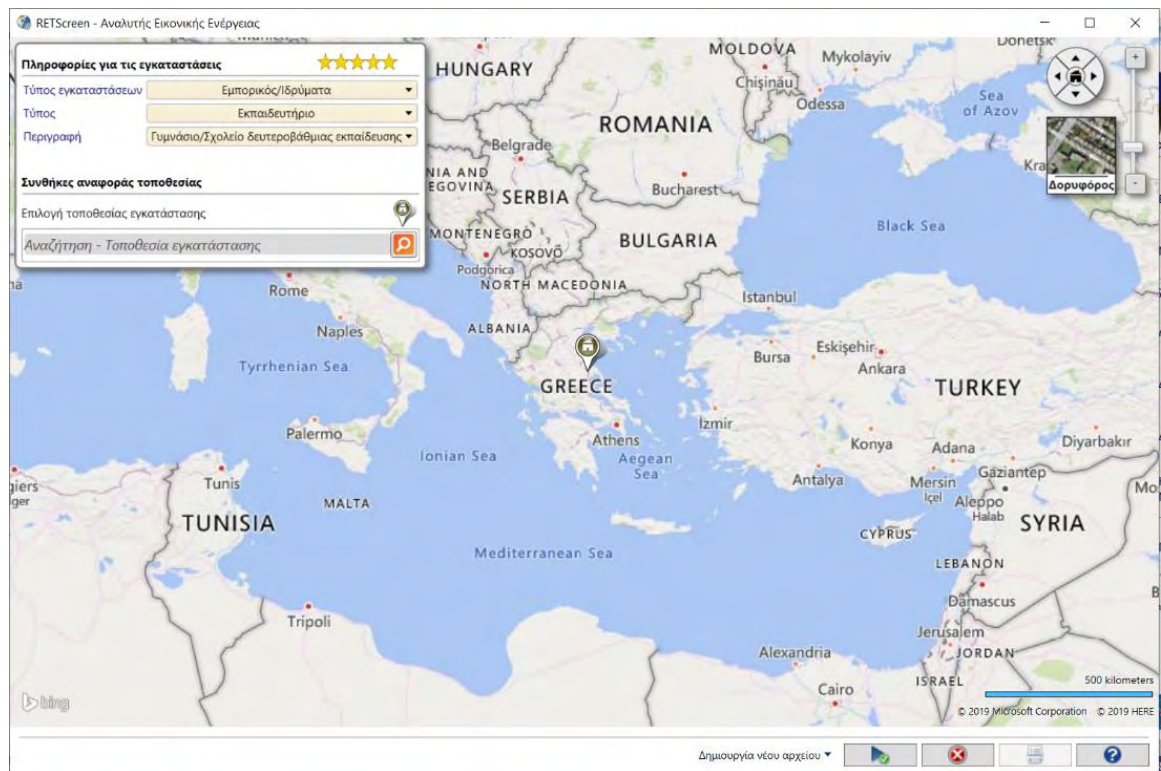
Στο συγκεκριμένο χώρο χωράνε 78 ανεμογεννήτριες, οι οποίες θα εγκατασταθούν σε 6 οριζόντιες γραμμές με 13 ανεμογεννήτριες σε κάθε σειρά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.8 .



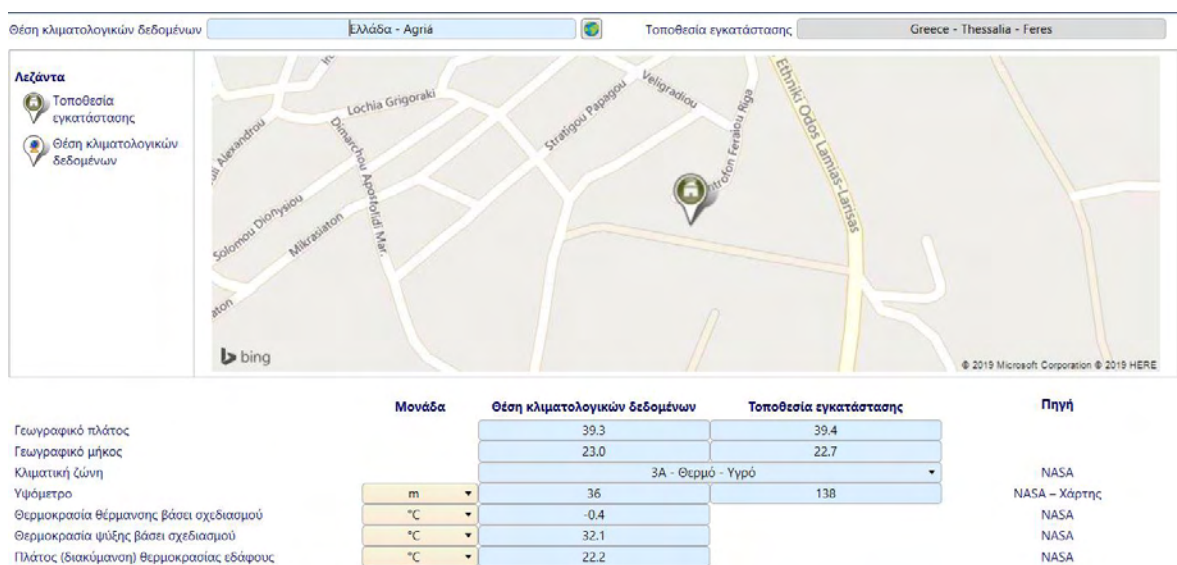
Σχήμα 4.8: Σχεδιασμός εγκατάστασης ανεμογεννητριών

4.5 Προσομοίωση εγκατάστασης με χρήση RETScreen Expert

Στη συνέχεια για να είναι η δουλειά ολοκληρωμένη, παρουσιάζεται η διαδικασία μελέτης της εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Το πρώτο βήμα για την περάτωση της διαδικασίας αυτής, είναι ο προσδιορισμός της ακριβούς τοποθεσίας της εγκατάστασης (Σχήμα 4.9 και Σχήμα 4.10). Αυτό συμβαίνει, ώστε να χρησιμοποιηθούν αληθινά στοιχεία όπως θερμοκρασία του αέρα, η θερμοκρασία του εδάφους, η ατμοσφαιρική πίεση, η ταχύτητα του ανέμου και η υγρασία. Οι παράγοντες αυτοί πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψιν για βέλτιστη δυνατή προσομοίωση. Με χάρτες λοιπόν, μελετάται ακριβώς η τοποθεσία που θα αξιοποιηθεί για την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών



Σχήμα 4.9: Προσδιορισμός τοποθεσίας



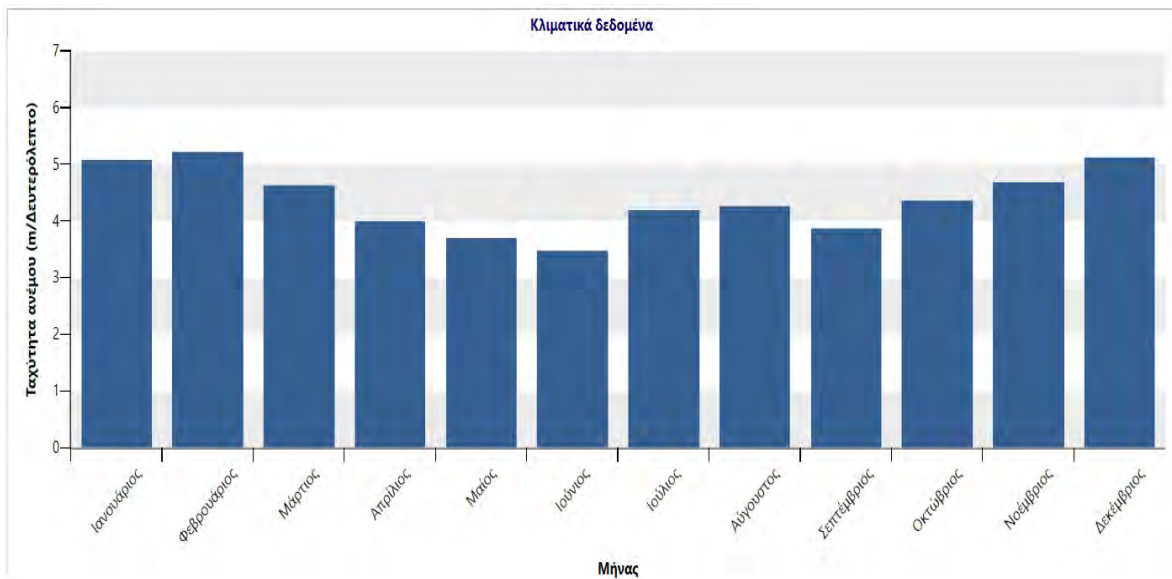
Σχήμα 4.10: Προσδιορισμός τοποθεσίας

Μετά την ολοκλήρωση αυτού του βήματος και αφού προσδιοριστεί ακριβώς η τοποθεσία της εγκατάστασης, το πρόγραμμα συλλέγει όλα τα κλιματικά στοιχεία της περιοχής που θα χρειαστούν για την μελέτη, τα οποία φαίνονται στο Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Κλιματικά δεδομένα

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Κατακρήμνιση	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια	Ατμοσφαιρική πίεση	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία εδάφους	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης 18 °C	Βαθμό-ημέρες ψύξης 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m ² /ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτο	°C	°C-ημ	°C-ημ
Ιανουάριος	5.8	70.7%	77.36	1.84	99.6	5.1	4.9	378	0
Φεβρουάριος	6.4	65.3%	63.22	2.61	99.5	5.2	6.4	325	0
Μάρτιος	9.7	57.7%	75.16	3.74	99.3	4.6	10.8	257	0
Απρίλιος	14.9	48.3%	58.80	5.29	99.0	4.0	16.9	93	147
Μαίος	20.7	42.0%	51.83	6.42	99.1	3.7	23.4	0	332
Ιούνιος	25.6	36.7%	39.10	7.63	99.0	3.5	29.1	0	468
Ιούλιος	27.8	36.1%	44.53	7.51	98.9	4.2	31.3	0	552
Αύγουστος	27.2	38.4%	38.37	6.70	99.0	4.3	30.4	0	533
Σεπτέμβριος	23.3	42.5%	59.79	5.14	99.2	3.9	25.9	0	399
Οκτώβριος	17.8	52.3%	73.35	3.17	99.5	4.4	18.9	6	242
Νοέμβριος	11.7	64.4%	102.56	1.91	99.5	4.7	11.5	189	51
Δεκέμβριος	7.0	72.3%	117.94	1.46	99.6	5.1	6.1	341	0
Ετήσιο	16.5	52.2%	802.01	4.46	99.2	4.4	18.0	1,590	2,724
Πηγή	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA

Στη εγκατάσταση των ανεμογεννητριών το πιο βασικό στοιχείο, αυτό από το οποίο εξαρτάται το μεγαλύτερο μέρος της απόδοσης του συστήματος είναι η ταχύτητα του αέρα (Σχήμα 4.11). Κάθε ανεμογεννήτρια έχει προδιαγραφές στις οποίες φαίνεται ποια είναι η κατάλληλη ταχύτητα ανέμου ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή απόδοση. Κατά τον ίδιο τρόπο παρουσιάζεται και η ελάχιστη ταχύτητα ανέμου, με την οποία μπορεί η ανεμογεννήτρια να λειτουργήσει (Πίνακας 4.2).



Σχήμα 4.11: Ταχύτητα ανέμου ανά μήνα στη περιοχή Βελεστίνου

Μετά από έρευνα που πραγματοποιήθηκε πάνω σε διάφορες ανεμογεννήτριες, μέχρι να βρεθούν οι κατάλληλες για το συγκεκριμένο κτήριο, φάνηκε ότι στα συγκεκριμένα κλιματικά δεδομένα αλλά και τον χώρο εγκατάστασης, οι καταλληλότερες για να χρησιμοποιηθούν είναι οι ανεμογεννήτριες Southwest Windpower Air X γιατί για την εν λόγω περίπτωση θα προσφέρουν την καλύτερη δυνατή απόδοση σε συνδυασμό με χαμηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.

Πίνακας 4.2: Προδιαγραφές Air X

Rotor Diameter	1.15 m
Kilowatt hours/ month	38 Kwh @ 5.4 m/s
Blades	3 Carbon fiber composite
Start- up Wind Speed	3.6 m/s
Survival Wind Speed	49.2 m/s
Voltage	12, 24, 34 and 48V
Rated Power	400watts @12.5 m/s
Turbine Controller	Microprocessor- based smart internal regulator with peak power tracking
Over Speed Protection	Electronic torque control
Mount	OD 48 mm
Body	Cast Aluminium
Shipping Dimensions	686 x 38 x 228 mm - 7.7 kg
Weight	5.85 kg

Στην συνέχεια πρέπει να συμπληρωθούν ορισμένα πεδία ώστε το πρόγραμμα να γνωρίζει ακριβώς τα στοιχεία της ανεμογεννήτριας με στόχο της ρεαλιστική προσομοίωση του συστήματος (Σχήμα 4.12). Τα στοιχεία που χρειάζεται είναι τα εξής:

- Όνομα κατασκευαστή, το οποίο είναι Southwest Windpower
- Το μοντέλο της ανεμογεννήτριας δηλαδή Air X
- Τον αριθμό στροβίλων που όπως παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.3 είναι 78
- Ο συντελεστής ισχύος ο οποίος είναι 20%
- Κόστος συντήρησης είναι περίπου 400€/έτος
- Κόστος εγκατάστασης το οποίο ισούται με 75.000€ ($78 * 900€ + 5.800€$ κόστος εγκατάστασης)

Αιολικό

Περιγραφή

Ανεμογεννήτρια

Σημείωση

Επίπεδο

Επίπεδο 1

Επίπεδο 2

Επίπεδο 3

Αιολικό - Επίπεδο 1

Ηλεκτρική ισχύς	kW	31.2	
Κατασκευαστής		Southwest Windpower	
Μοντέλο		Air X	
Αριθμός στροβίλων		78	
Συντελεστής ισχύος	%	20%	
Αρχικά κόστη	€	75,000	\$
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	400	\$
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού		Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο - ετήσι	
	€/kWh	0.10	
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kWh	54,662	
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€	5,466	

Σχήμα 4.12: Προσομοίωση εγκατάστασης

Με την συμπλήρωση των παραπάνω πεδίων, το πρόγραμμα κάνει την προσομοίωση της εγκατάστασης και τελικά το σύστημα παράγει 54.662 KWH/έτος.

Όπως υπολογίστηκε ήδη στο τέλος της ενότητας 3.4 οι ηλεκτρικές ανάγκες του κτηρίου είναι 68.882,8 KWH/έτος. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα ανεμογεννητριών καλύπτει κατά 79,35% τις ανάγκες του κτηρίου και το κόστος εγκατάστασης είναι 75.000€.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

5.1 Εισαγωγή στην ηλιακή ενέργεια

Η ηλιακή ενέργεια είναι ουσιαστικά οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που γίνονται στον ήλιο, οι οποίες ελκύουν ενέργεια με την μορφή ισχυρότατης ηλιακής ακτινοβολίας. Η ακτινοβολούμενη ενέργεια του ήλιου προέρχεται από την μετατροπή 654 εκατομμυρίων τόνων υδρογόνου σε 650 τόνους ηλίου ανά δευτερόλεπτο στο εσωτερικό της ηλιακής σφαίρας. Η διαφορά των 4 εκατομμυρίων τόνων, που είναι μικρό μόνο κλάσμα της μάζας της αρχικής ποσότητας υδρογόνου, μετατρέπεται σε ενέργεια με ισοδύναμη θερμαντική αξία 20 τόνων άνθρακα για κάθε γραμμάριο υδρογόνου που "χάνεται". Η ισχύς της ακτινοβολίας που δέχεται η γη από τον ήλιο είναι κατά μέσω όρο $173 \cdot 10^{15}$ W. [11]

5.2 Εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά

5.2.1 Αποσαφήνιση όρου φωτοβολταϊκού

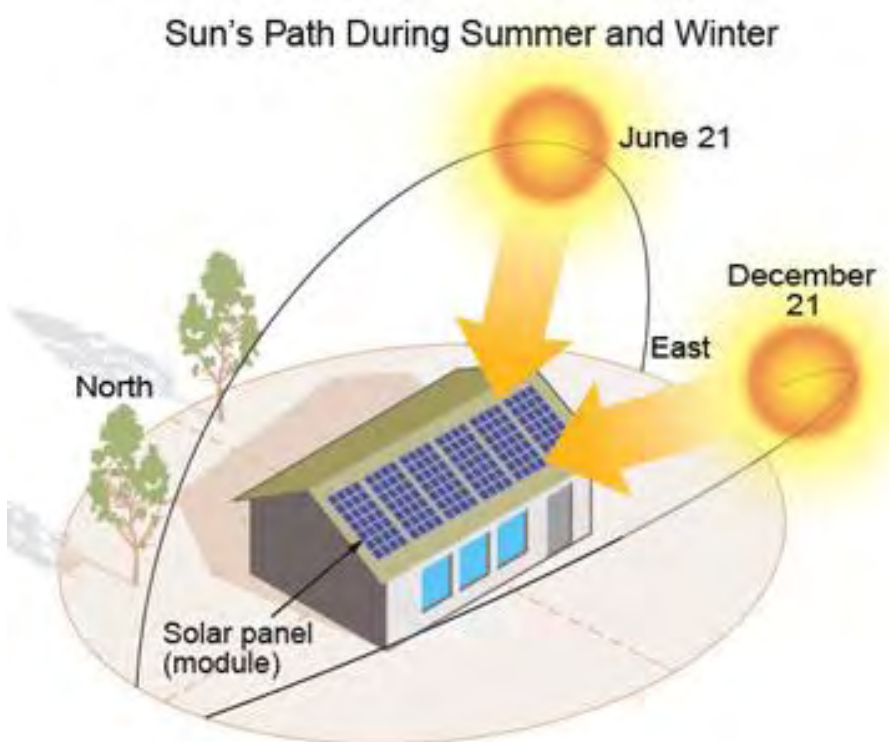
Με το γενικό όρο φωτοβολταϊκά ονομάζεται η βιομηχανική διάταξη πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων σε μια σειρά. Στην ουσία πρόκειται για τεχνητούς ημιαγωγούς, κατά κύριο λόγο από πυρίτιο, οι οποίοι ενώνονται με σκοπό να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σειρά. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν μια ηλεκτρική τάση. [12]

5.2.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Έντμοντ Μπεκερέλ (Alexandre – Edmond Becquerel). Περιληπτικά πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του φωτοβολταϊκού στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές του θέσεις με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρεύματος. [12]

5.3 Σχέδιο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών

Αυτό που πρέπει να έχει κανείς στο μυαλό του, είναι ότι για να υπάρχει μέγιστη δυνατή απόδοση των φωτοβολταϊκών, υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται. Αρχικά η βέλτιστη θέση προσανατολισμού των φωτοβολταϊκών πάνελ είναι Νότια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1, διότι ο προσανατολισμός αυτός μεγιστοποιεί τις ώρες κατά τις οποίες το φωτοβολταϊκό απορροφά ηλιακή ακτινοβολία τόσο τους καλοκαιρινούς μήνες όσο και τους χειμερινούς.



Σχήμα 5.1: Πορεία ήλιου χειμώνα-καλοκαίρι

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας, είναι η γωνία εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πάνελ. Με την κατάλληλη γωνία εγκατάστασης όπως και με τον προσανατολισμό μεγιστοποιούνται οι ώρες έκθεσης του συστήματος σε ηλιακή ακτινοβολία παράγοντα περισσότερες KWH. Η βέλτιστη γωνία εγκατάστασης είναι 34° ενώ για παράδειγμα σε κάποια εγκατάσταση σε γωνία 11° υπάρχει χάσιμο 6,3% στην απόδοση του φωτοβολταϊκού.

Είναι ξεκάθαρο λοιπόν, ότι η βέλτιστη τοποθέτηση της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών είναι σε Νότιο προσανατολισμό και σε γωνία κλίσης από 28° μέχρι και 35° όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2 . Η εγκατάσταση αυτή μεγιστοποιεί την απόδοση του συστήματος, αυξάνοντας τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που με την σειρά της καθιστά το σύστημα πιο κερδοφόρο.

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0 ° 	30 ° 	90 ° 
Ανατολικός - Δυτικός	90	85	50
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90	95	60
Νότιος	90	100	60
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90	67	30
Βόρειος	90	60	20

Σχήμα 5.2: Βέλτιστος προσανατολισμός και κλίση εγκατάστασης

Στο Σχήμα 5.3 και στο Σχήμα 5.4 φαίνεται η διαφορά απόδοσης ανάμεσα σε δύο διαφορετικές γωνίες εγκατάστασης φωτοβολταϊκού.

Orientation, Variant "New simulation variant"

Field type: Fixed Tilted Plane

Field parameters

Plane Tilt: 11.0 [°]
 Azimuth: 0.0 [°]

Optimization by respect to:
☒ Yearly irradiation yield ?
☐ Summer (Apr-Sep)
☐ Winter (Oct-Mar)

Yearly meteo yield

Transposition Factor FT	1.08
Loss By Respect To Optimum	-6.3%
Global on collector plane	1688 kWh/m ²

Show Optimization

Cancel OK

Σχήμα 5.3: Εγκατάσταση πάνελ σε γωνία 11°

Orientation, Variant "New simulation variant"

Field type: Fixed Tilted Plane

Field parameters

Plane Tilt: 34.0 [°]
 Azimuth: 0.0 [°]

Optimization by respect to:
☒ Yearly irradiation yield ?
☐ Summer (Apr-Sep)
☐ Winter (Oct-Mar)

Yearly meteo yield

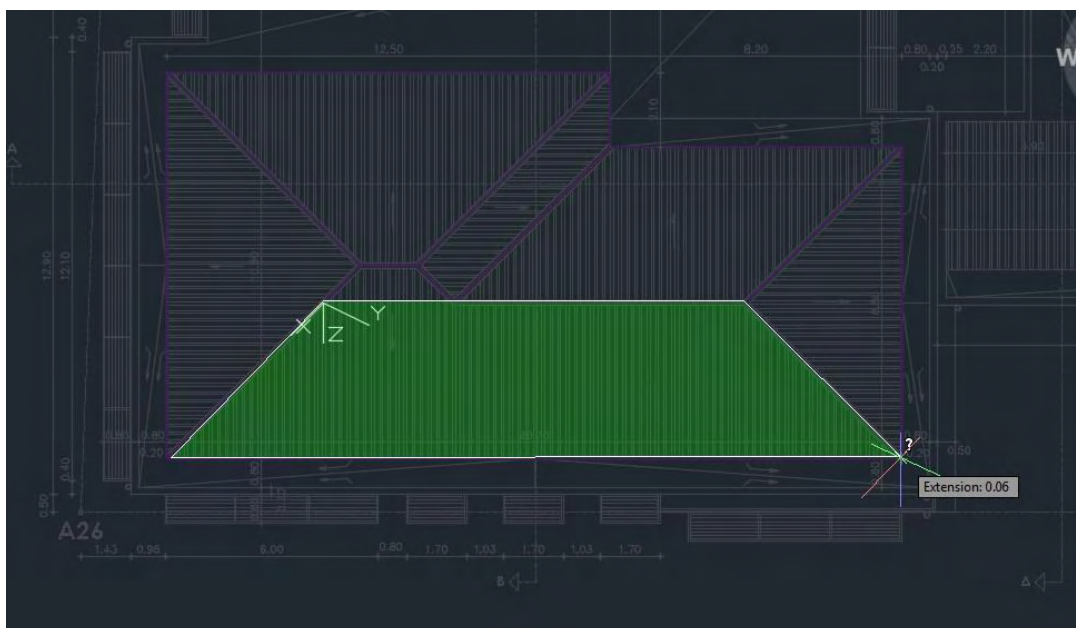
Transposition Factor FT	1.16
Loss By Respect To Optimum	0.0%
Global on collector plane	1802 kWh/m ²

Show Optimization

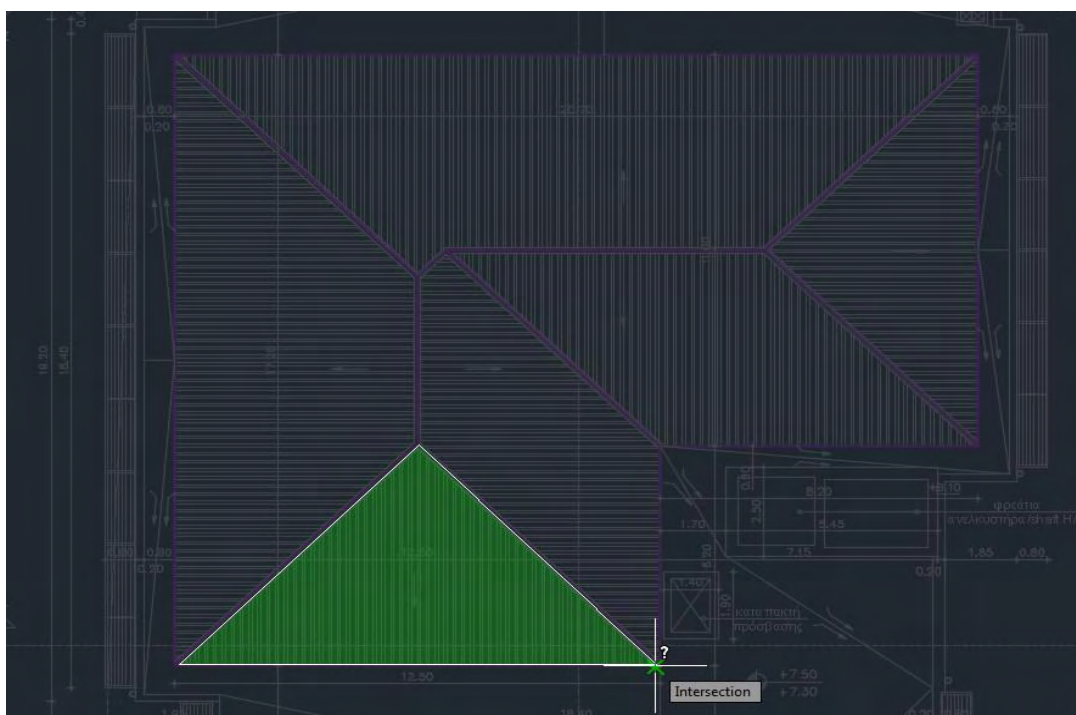
Cancel OK

Σχήμα 5.4: Εγκατάσταση πάνελ σε γωνία 34°

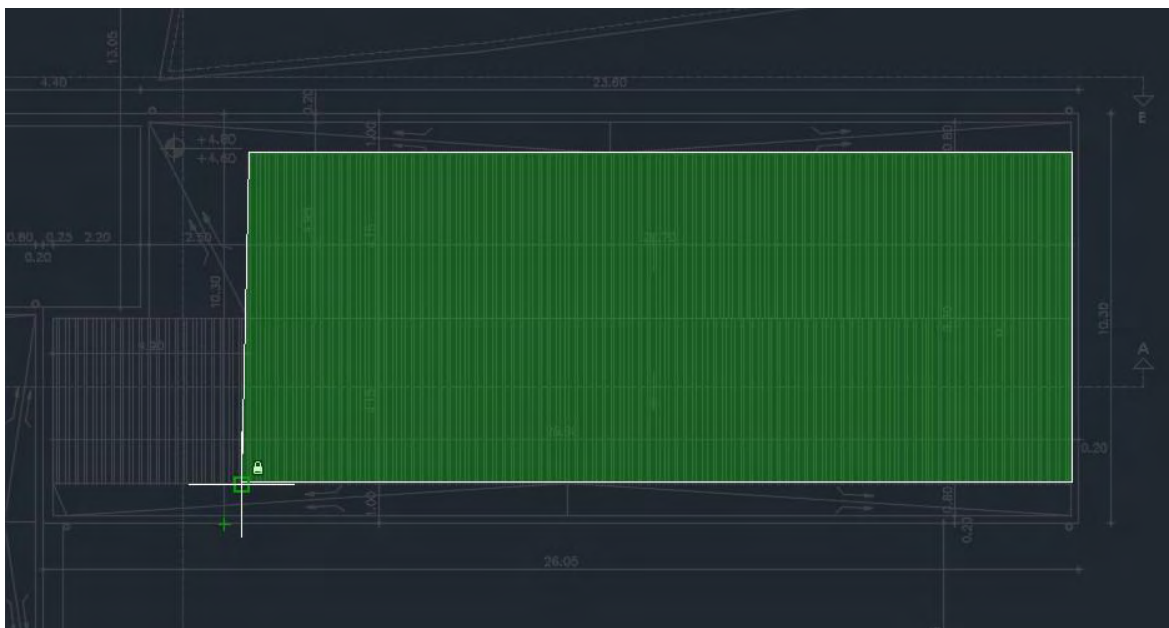
Στην συγκεκριμένο κτήριο υπάρχουν τρία σημεία εγκατάστασης τα οποία πληρούν τα παραπάνω κριτήρια. Η περιοχή Α (Σχήμα 5.5), η περιοχή Β (Σχήμα 5.6) και η περιοχή Γ (Σχήμα 5.7).



Σχήμα 5.5: Περιοχή εγκατάστασης Α



Σχήμα 5.6: Περιοχή εγκατάστασης Β



Σχήμα 5.7: Περιοχή εγκατάστασης Γ

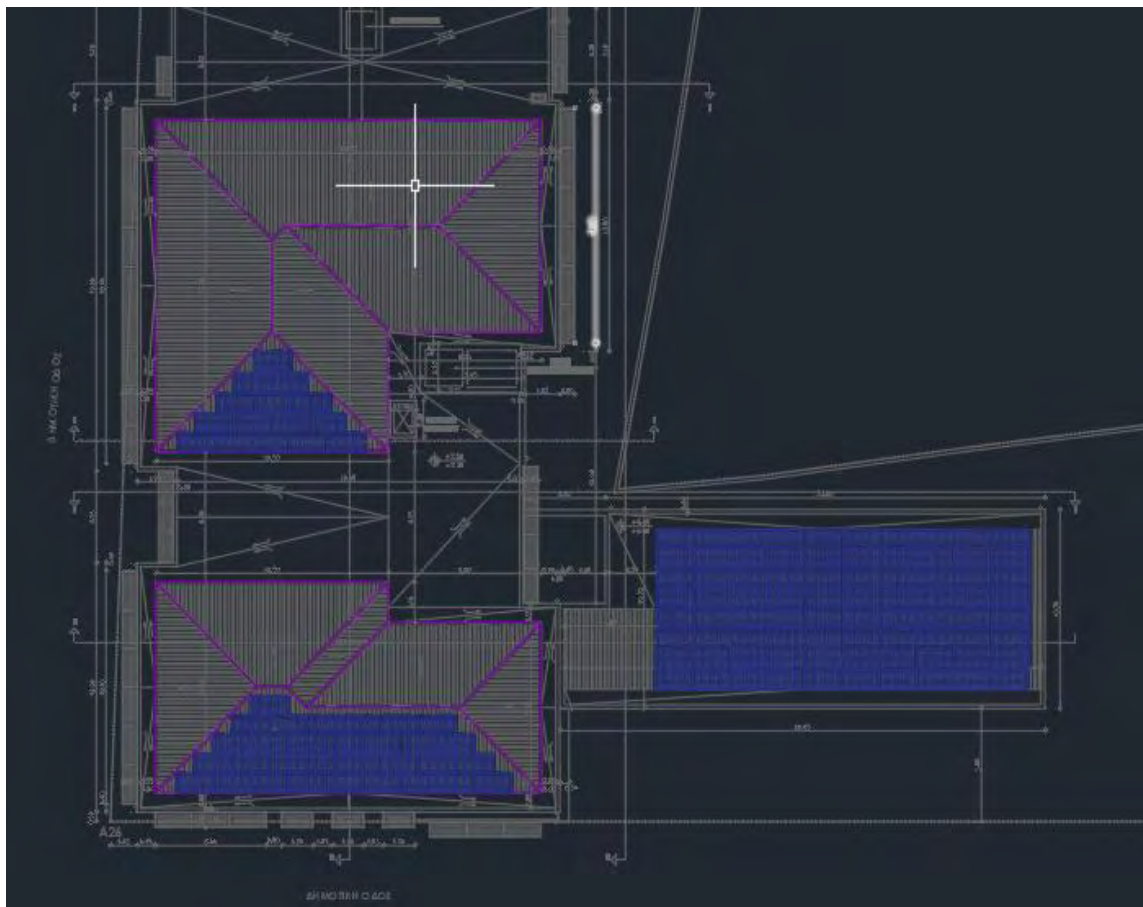
Οι περιοχές Α και Β έχουν Νότιο προσανατολισμό και είναι σημεία στην σκεπή του σχολείου, όπως στο Σχήμα 5.8, ενώ η περιοχή Γ είναι επίπεδη αποτελεί ταράτσα και αυτό δίνει την δυνατότητα επιλογής προσανατολισμού. Επιπλέον η περιοχή Α είναι 70 τετραγωνικά μέτρα, η περιοχή Β είναι 38 τετραγωνικά μέτρα και η περιοχή Γ είναι 174 τετραγωνικά μέτρα. Στη εγκατάσταση έχουν χρησιμοποιηθεί φωτοβολταϊκά πάνελ είναι τα Canadian Solar με ισχύ 300 Watt/πάνελ.



Σχήμα 5.8: Canadian Solar πάνελ

Οι διαστάσεις των παραπάνω πάνελ είναι 1,65 μέτρα μήκος και 0,9 μέτρα πλάτος. Όμως τόσο για λόγους ασφαλείας, όσο και για πρακτικούς λόγους (επιφάνεια εγκατάστασης με έξτρα χώρο για inverter) και αποφυγή επισκίασης από το διπλανό πάνελ κάτι το οποίο θα μείωνε δραστικά την απόδοση του φωτοβολταϊκού, θεωρείται ότι το κάθε πάνελ καταλαμβάνει επιφάνεια 2 τετραγωνικών μέτρων δηλαδή 2 μέτρα μήκος και 1 μέτρο πλάτος.

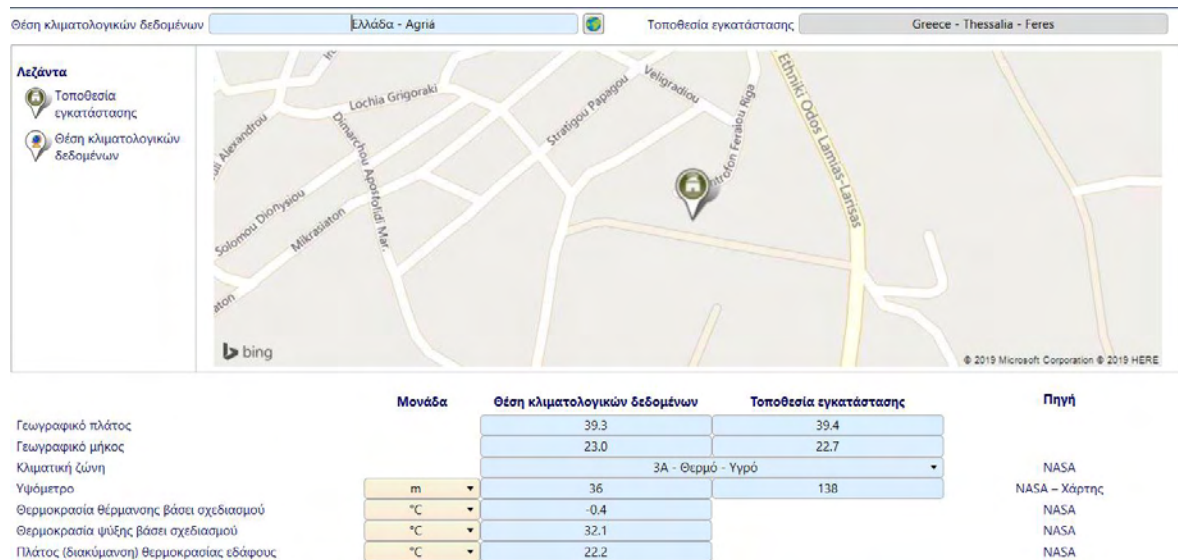
Συνεπώς στη περιοχή Α υπάρχει χώρος για 31 πάνελ τα οποία τοποθετούνται σε 5 οριζόντιες σειρές με 9 στην πρώτη σειρά, 8 στην δεύτερη σειρά, 7 στην τρίτη, 6 στην τέταρτη και 1 στην πέμπτη. Στην περιοχή Β υπάρχουν 15 πάνελ τα οποία τοποθετούνται σε 5 σειρές. Η πρώτη σειρά έχει 5 πάνελ και κάθε επόμενη σειρά έχει ένα λιγότερο από την προηγούμενη. Η περιοχή Γ έχει χώρο για 80 πάνελ και ταξινομούνται σε 8 σειρές από 10 πάνελ σε κάθε σειρά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.9 .



Σχήμα 5.9: Σχέδιο εγκατάστασης φωτοβολταϊκών

5.4 Προσομοίωση εγκατάστασης συστήματος φωτοβολταϊκών

Στην συνέχεια γίνεται αναλυτική μελέτη της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Το πρώτο βήμα όπως και στην εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στην ενότητα 4.4 είναι ο προσδιορισμός της ακριβής τοποθεσίας της εγκατάστασης για την επίτευξη της βέλτιστης προσομοίωσης του συστήματος όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.10 .

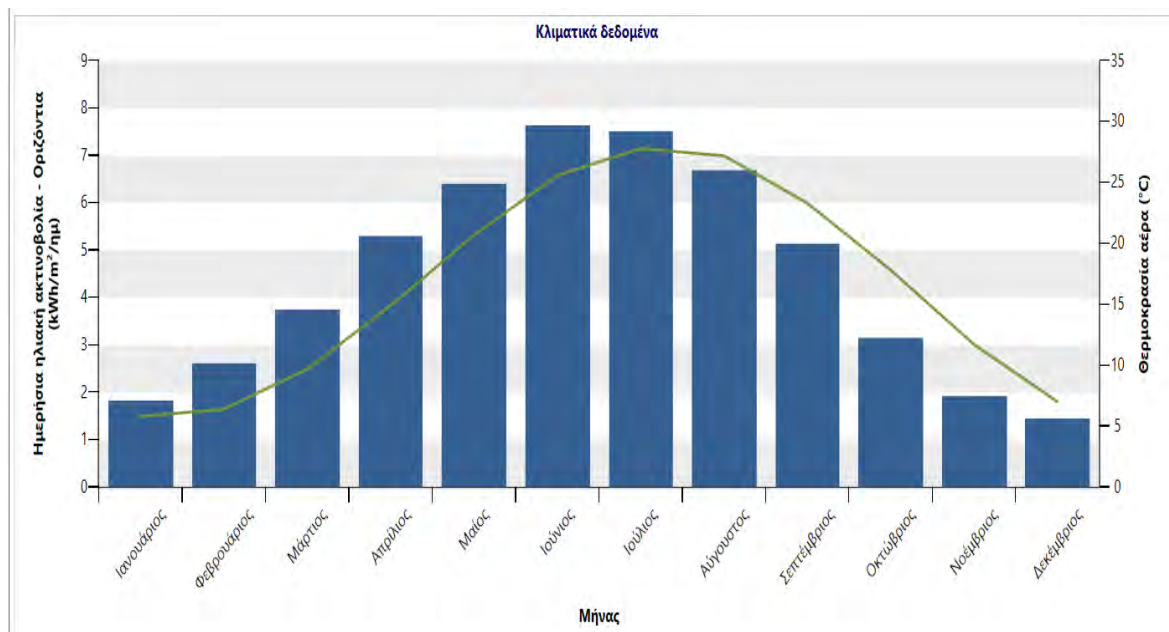


Σχήμα 5.10: Προσδιορισμός τοποθεσίας

Μετά τον προσδιορισμό της τοποθεσίας εγκατάστασης το πρόγραμμα συλλέγει τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Στην εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων το πιο σημαντικό στοιχείο των κλιματικών δεδομένων είναι ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής ανά μήνα το οποίο παρουσιάζεται στο Πίνακα 5.1 και στο Σχήμα 5.11 .

Πίνακας 5.1: Κλιματικά δεδομένα

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Κατακρήμνιση	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια	Ατμοσφαιρική πίεση	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία εδάφους	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης 18 °C	Βαθμό-ημέρες ψύξης 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m ² /ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτο	°C	°C-ημ	°C-ημ
Ιανουάριος	5.8	70.7%	77.36	1.84	99.6	5.1	4.9	378	0
Φεβρουάριος	6.4	65.3%	63.22	2.61	99.5	5.2	6.4	325	0
Μάρτιος	9.7	57.7%	75.16	3.74	99.3	4.6	10.8	257	0
Απρίλιος	14.9	48.3%	58.80	5.29	99.0	4.0	16.9	93	147
Μαΐος	20.7	42.0%	51.83	6.42	99.1	3.7	23.4	0	332
Ιούνιος	25.6	36.7%	39.10	7.63	99.0	3.5	29.1	0	468
Ιούλιος	27.8	36.1%	44.53	7.51	98.9	4.2	31.3	0	552
Αύγουστος	27.2	38.4%	38.37	6.70	99.0	4.3	30.4	0	533
Σεπτέμβριος	23.3	42.5%	59.79	5.14	99.2	3.9	25.9	0	399
Οκτώβριος	17.8	52.3%	73.35	3.17	99.5	4.4	18.9	6	242
Νοέμβριος	11.7	64.4%	102.56	1.91	99.5	4.7	11.5	189	51
Δεκέμβριος	7.0	72.3%	117.94	1.46	99.6	5.1	6.1	341	0
Ετήσιο	16.5	52.2%	802.01	4.46	99.2	4.4	18.0	1,590	2,724
Πηγή	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA



Σχήμα 5.11: Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα

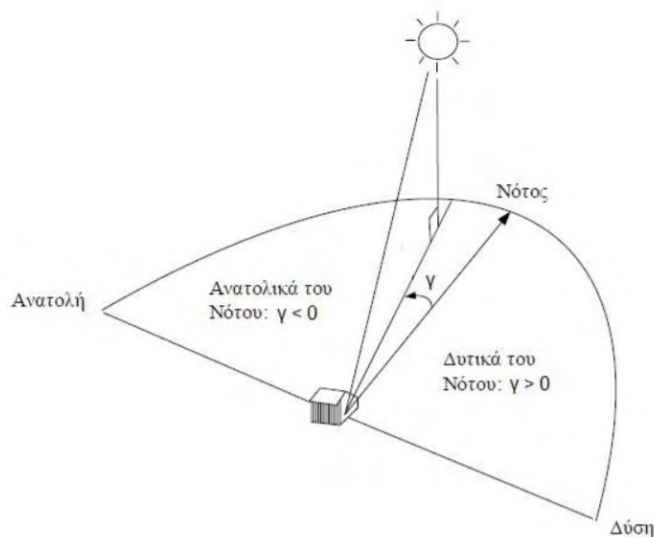
Όπως έχει ειπωθεί, υπάρχουν τρία σημεία εγκατάστασης φωτοβολταϊκών. Παρακάτω λοιπόν ακολουθεί η μελέτη ώστε να γίνει η ξεχωριστή εγκατάσταση σε κάθε ένα από αυτά.

5.4.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στη περιοχή Α

Η περιοχή Α αποτελεί κομμάτι της σκεπής του κτηρίου οπότε πρέπει να υπολογιστεί η κλίση της σκεπής, προκειμένου να βρεθεί η γωνία εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών. Στο σχέδιο του κτηρίου φαίνεται ότι το ύψος της σκεπής είναι 1,8 μέτρα και η οριζόντια επιφάνεια που καλύπτει είναι 4,5 μέτρα. Συνεπώς θεωρώντας ένα τρίγωνο με κάτω πλευρά ίση με 4,5 μέτρα και απέναντι πλευρά ίση με 1,8 μέτρα υπολογίζεται η γωνία κλίσης με τον τύπο εφαπτομένη (θ) = απέναντι/προσκειμένη το οποίο ισούται με 0,4. Άρα η εφαπτομένη (θ) = 0,4 δηλαδή $\theta = 21^\circ$. Όπου θ = γωνία κλίσης.

Στην συνέχεια γίνεται υπολογισμός του όρου αζιμούθιο. Η γωνία αζιμούθιου περιγράφει την κατεύθυνση προς την οποία είναι στραμμένη μια επιφάνεια (Σχήμα 5.12). Με το νούμερο 0 συμβολίζεται ο Νότος, με νούμερα μεγαλύτερα του 0 ο προσανατολισμός γίνεται Δυτικός και με νούμερα μικρότερα του 0 ο προσανατολισμός γίνεται Ανατολικός.

Στην συγκεκριμένη εγκατάσταση ο προσανατολισμός είναι Νότιος άρα το αζιμούθιο ισούται με 0.



Σχήμα 5.12: Γωνία αζιμούθιου γ

Τόσο τα μονοκρυσταλλικά (Σχήμα 5.13) όσο και τα πολυκρυσταλλικά (Σχήμα 5.14) ηλιακά πάνελ εξυπηρετούν την ίδια λειτουργία, η οποία είναι να συλλέγουν ενέργεια από τον ήλιο και να την μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι και τα δυο φτιαγμένα από πυρίτιο διότι υπάρχει σε αφθονία και διακρίνεται για την ανθεκτικότητά του.

Τα πολυκρυσταλλικά και τα μονοκρυσταλλικά μπορούν να αποτελέσουν καλές επιλογές για μια εγκατάσταση αλλά έχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο τύπων τεχνολογίας. Η κύρια διαφορά μεταξύ τους είναι στον τύπο ηλιακού κυττάρου που χρησιμοποιούν. Οι μονοκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες έχουν ηλιακά κύτταρα φτιαγμένα από ένα μόνο κρύσταλλο πυριτίου ενώ οι πολυκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες έχουν ηλιακά κύτταρα τα οποία αποτελούνται από πολλά κρύσταλλα λιωμένα μεταξύ τους.

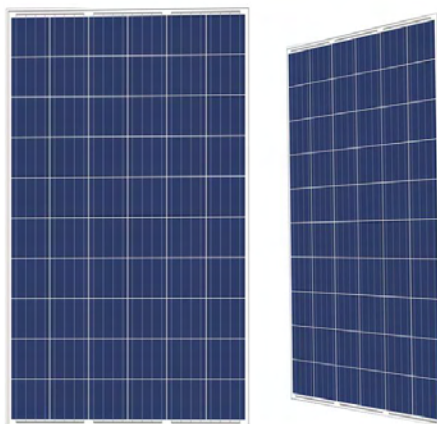
Οι μονοκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες θεωρούνται ως ένα ηλιακό προϊόν υψηλής ποιότητας παρουσιάζοντας μεγαλύτερη απόδοση και αποτελώντας την πιο αισθητική επιλογή. Για την κατασκευή ηλιακών κυψελών για μονοκρυσταλλικούς συλλέκτες, το πυρίτιο κόβεται και σχηματίζεται σε ράβδους. Περιέχουν λοιπόν μόνο ένα κρύσταλλο και για το λόγο αυτό, τα ηλεκτρόνια που παράγουν μια ροή ηλεκτρισμού έχουν περισσότερο

χώρο για κίνηση. Συνεπώς τα μονοκρυσταλλικά πάνελ είναι πιο αποτελεσματικά από τα πολυκρυσταλλικά. [13]



Σχήμα 5.13: Μονοκρυσταλλικός ηλιακός συλλέκτης

Οι πολυκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες δεν διαθέτουν τις αποδόσεις που διαθέτουν οι μονοκρυσταλλικοί, αλλά το πλεονέκτημα τους όμως είναι οι χαμηλότερες τιμές αγοράς. Επιπλέον τα πολυκρυσταλλικά ηλιακά πάνελ τείνουν να έχουν μπλε απόχρωση σε αντίθεση με το μαύρο χρώμα που έχουν τα μονοκρυσταλλικά. Τα πολυκρυσταλλικά ηλιακά πάνελ αποτελούνται από πολλά θραύσματα κρυστάλλων τα οποία έχουν λιώσει μεταξύ τους και για το λόγο αυτό υπάρχει λιγότερη ελευθερία για κίνηση ηλεκτρονίων μειώνοντας την απόδοσή τους. [13]



Σχήμα 5.14: Πολυκρυσταλλικός ηλιακός συλλέκτης

Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν στην εγκατάσταση των συστημάτων που ακολουθούν θα χρησιμοποιηθούν μονοκρυσταλλικοί ηλιακοί συλλέκτες τόσο στη περιοχή Α όσο και στις υπόλοιπες. Για την ρεαλιστική προσομοίωση της εγκατάστασης χρειάζονται να συμπληρωθούν ορισμένα πεδία τα οποία θα καθορίσουν την απόδοσης του συστήματος και το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί (Σχήμα 5.15).

- Λειτουργία παρακολούθησης ήλιου - σταθεροποιημένα
- Τύπος φωτοβολταϊκού – μονοκρυσταλλικό
- Ηλεκτρική ισχύς – 9,3KW (300 watt * 31 μονάδες)
- Κατασκευαστής - Canadian Solara
- Μοντέλο - CS6X 300M
- Αριθμός μονάδων – 31 (όπως φαίνεται στην ενότητα 5.2)
- Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη – 59.5 τετραγωνικά μέτρα
- Ονοματική θερμοκρασία λειτουργίας – 45 βαθμούς κελσίου (σύμφωνα με την εταιρία)
- Λοιπές απώλειες – 10% (σε περιοχές με σκληρό περιβάλλον μπορεί να φτάσει το 20% αλλά στην Ελλάδα θεωρείται περίπου 10 %)
- Βαθμός απόδοσης inverter – 98%
- Λοιπές απώλειες inverter – 2%
- Κόστος συντήρησης ανά έτος - 200€
- Έξοδα εγκατάστασης – 9.300€ (200€/πάνελ + 50 € υλικά εγκατάστασης)*31πάνελ + έξοδα inverter

Με τον όρο inverter, νοείται η διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος η οποία μετατρέπει τη συνεχή τάση των φωτοβολταϊκών πάνελ σε εναλλασσόμενη ονομαστικών τιμών 230V ανά φάση.

Φωτοβολταϊκό - Επίπεδο 2

Αξιολόγηση πηγών

Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου Σταθεροποιημένα

Κλίση 21

Αζιμούθιο 0

☒ Δείξε δεδομένα

Φωτοβολταϊκό

Τύπος μονο-Si

Ηλεκτρική ισχύς kW 9.3

Κατασκευαστής Canadian Solar

Μοντέλο μονο-Si - CS6X-300M - MaxPower

Αριθμός μονάδων 31

Βαθμός απόδοσης % 15.63%

Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου °C 45

Συντελεστής θερμοκρασίας %/ °C 0.4%

Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη m² 59.5

Λοιπές απώλειες % 10%

Μετατροπέας (inverter)

Βαθμός απόδοσης % 98%

Ισχύς kW 3

Λοιπές απώλειες % 2%

Περίληψη

Συντελεστής ισχύος % 16.3%

Αρχικά κόστος € 9,300

Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση) € 200

Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο - ετήσιο

€ / kWh 0.10

Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο kWh 13,287

Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας € 1,329

Σχήμα 5.15: Προσομοίωση εγκατάστασης περιοχή Α

Με την συμπλήρωση των παραπάνω στοιχείων, το πρόγραμμα ολοκληρώνει την προσομοίωση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στην περιοχή Α (Σχήμα 5.16). Ο συντελεστής ισχύος είναι 16,3% και το σύστημα παράγει 13.287 KWH. Όπως υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 3 η συνολική κατανάλωση του κτηρίου είναι 68.882,8 KWH/έτος. Το σύστημα λοιπόν στη περιοχή Α καλύπτει το 19,2%.

Φωτοβολταϊκό - Επίπεδο 2

Αξιολόγηση πηγών

Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου Σταθεροποιημένα ▼

Κλίση 17

Αζιμούθιο 0

▼ Δείξε δεδομένα

Φωτοβολταϊκό

Τύπος μονο-Si ▼

Ηλεκτρική ισχύς kW ▼ 4.5

Κατασκευαστής Canadian Solar

Μοντέλο μονο-Si - CS6X-300M - MaxPower

Αριθμός μονάδων 15

Βαθμός απόδοσης % 15.63%

Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου °C 45

Συντελεστής θερμοκρασίας % / °C 0.4%

Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη m² 28.8

Λοιπές απώλειες % 10%

Μετατροπέας (inverter)

Βαθμός απόδοσης % 98%

Ισχύς kW 3

Λοιπές απώλειες % 2%

Περίληψη

Συντελεστής ισχύος % 16.2%

Αρχικά κόστη € ▼ 4,500

Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση) € ▼ 100

Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο - ετήσιο ▼

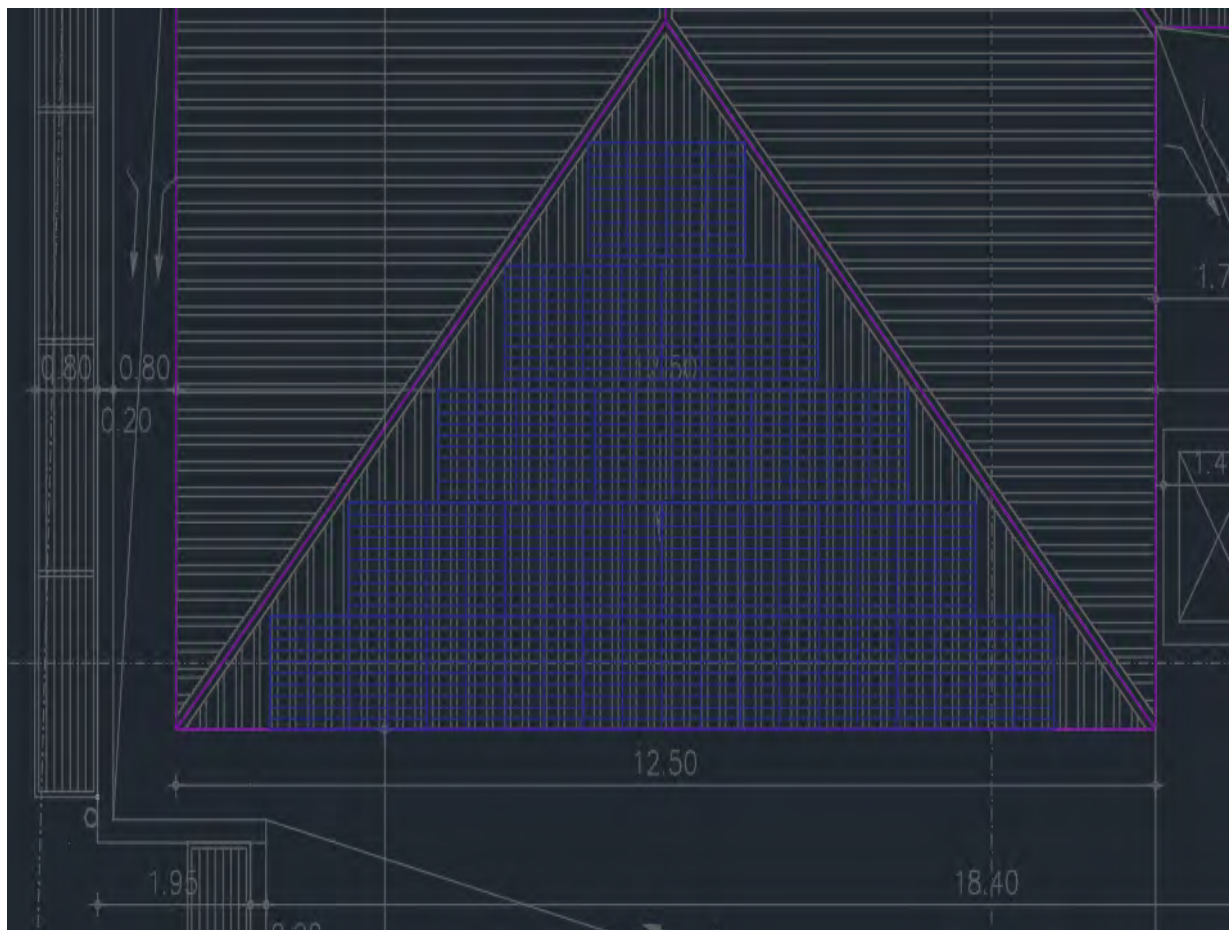
€/kWh 0.10

Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο kWh ▼ 6,385

Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας € 639

Σχήμα 5.17: Προσομοίωση εγκατάστασης περιοχή B

Με την συμπλήρωση των πεδίων ολοκληρώνεται η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στην περιοχή B (Σχήμα 5.18) και το σύστημα έχει συντελεστή ισχύος 16,2% και παράγει 6.385 KWH δηλαδή καλύπτει το 9,2% της ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτηρίου.



Σχήμα 5.18: Σχέδιο περιοχής B μετά την εγκατάσταση

5.4.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην περιοχή Γ

Η περιοχή Γ διαφέρει από τις περιοχές Α και Β διότι δεν υπάρχει προκαθορισμένη κλίση εγκατάστασης. Η περιοχή αυτή είναι ταράτσα συνεπώς υπάρχει δυνατότητα επιλογής της γωνίας εγκατάστασης. Όπως φάνηκε στην ενότητα 5.2 η βέλτιστη γωνία εγκατάστασης φωτοβολταϊκών είναι 34° . Συνεπώς στην περιοχή Γ θα χρησιμοποιηθεί αυτή η κλίση.

Το ίδιο συμβαίνει και με τον προσανατολισμό του συστήματος το οποίο για λόγους απόδοσης επιλέγεται νότιο άρα το αζιμούθιο θα είναι ίσο με 0. Τα πεδία του προγράμματος είναι ίδια με τις περιοχές Α και Β με τις διαφορές ότι ο αριθμός πάνελ είναι 80, η ηλεκτρική ισχύς είναι 24 KW το κόστος εγκατάστασης είναι 24.000€ και το κόστος συντήρησης είναι 300€. Μια ακόμη διαφορά είναι ότι το σύστημα αυτό στην περιοχή Γ απαιτεί πιο δυνατό inverter σε σχέση με τις περιοχές Α και Β διότι υπάρχει αρκετά

μεγαλύτερη ηλεκτρική ισχύς. Επιλέγεται συνεπώς inverter 9 KW. Τα παραπάνω στοιχεία φαίνονται στο Σχήμα 5.19 .

Φωτοβολταϊκό - Επίπεδο 2

Αξιολόγηση πηγών

Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου		Σταθεροποιημένα
Κλίση	°	33
Αζιμούθιο	°	0

▼ Δείξε δεδομένα

Φωτοβολταϊκό

Τύπος		μονο-Si
Ηλεκτρική ισχύς	kW	24
Κατασκευαστής		Canadian Solar
Μοντέλο		μονο-Si - CS6X-300M - MaxPower
Αριθμός μονάδων		80
Βαθμός απόδοσης	%	15.63%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελτίου	°C	45
Συντελεστής θερμοκρασίας	% / °C	0.4%
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	m ²	154
Λοιπές απώλειες	%	10%

Μετατροπέας (inverter)

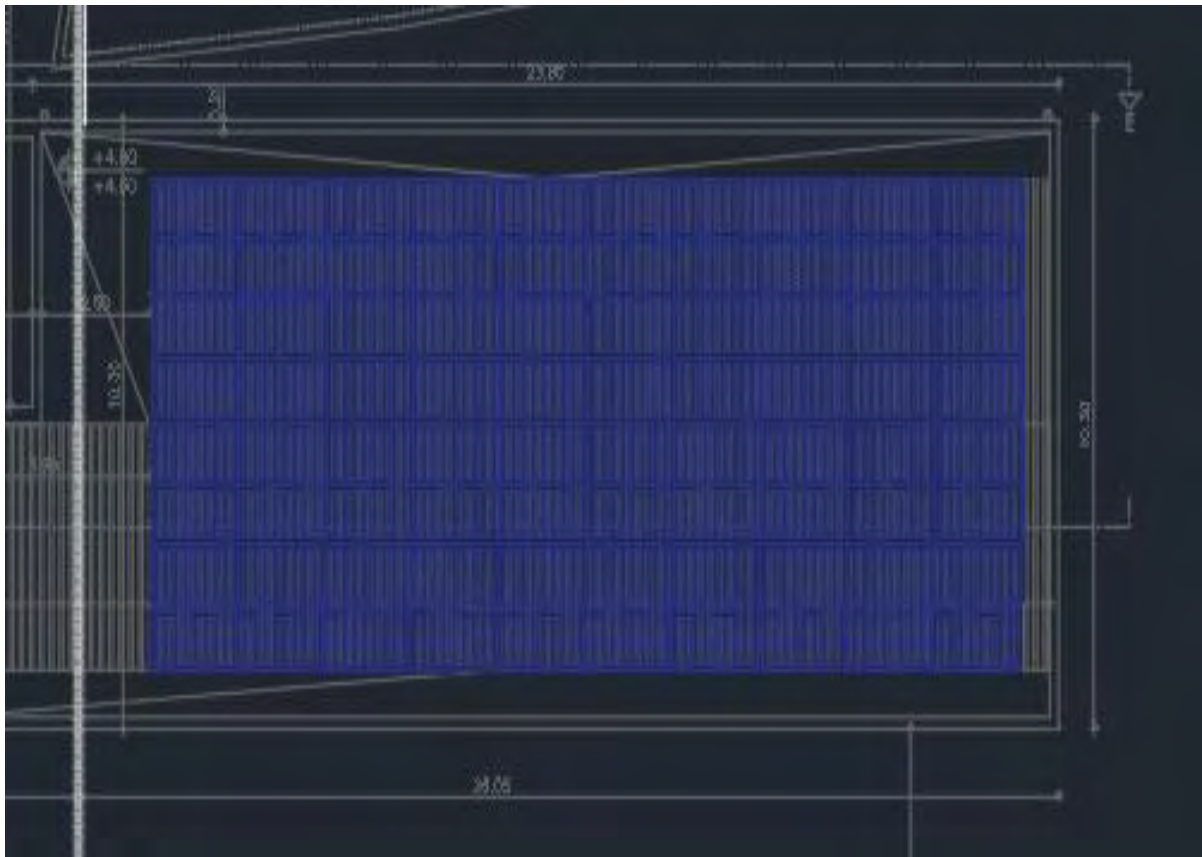
Βαθμός απόδοσης	%	98%
Ισχύς	kW	9
Λοιπές απώλειες	%	2%

Περίληψη

Συντελεστής ισχύος	%	16.4%
Αρχικά κόστη	€	24,000
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	300
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού		Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο - ετήσιο
	€/kWh	0.10
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kWh	34,386
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€	3,439

Σχήμα 5.19: Προσομοίωση εγκατάστασης περιοχή Γ

Με την συμπλήρωση των πεδίων ολοκληρώνεται η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στην περιοχή Γ (Σχήμα 5.20) και το σύστημα έχει συντελεστή ισχύος 16,4% παράγοντας 34.386 KWH. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα καλύπτει 49,9% της ηλεκτρικής ανάγκης του σχολείου.



Σχήμα 5.20: Σχέδιο περιοχής Γ μετά την εγκατάσταση.

5.4.4 Συνολική εγκατάσταση φωτοβολταϊκών

Προσθέτοντας τις αποδόσεις των 3 περιοχών υπολογίζεται πως η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι 54.059 KWH και τα έξοδα εγκατάστασης είναι της τάξης των 37.800€, όπως φαίνονται στο Σχήμα 5.21 . Ουσιαστικά το σύστημα των φωτοβολταϊκών καλύπτει το 78,5% της ηλεκτρικής κατανάλωσης του σχολείου.

Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	Ισχύς kW	Ηλεκτρική ενέργεια kWh	Αρχικά κόστη €	Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας €	Κόστος καυσίμου €	Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση) €	Απλή αποπληρω μή έτος	Να συμπεριλη φθεί το σύστημα; <input checked="" type="checkbox"/>
Ηλεκτρισμός								
Φωτοβολταϊκό-Α	9.3	13,287	9,300	1,329	0	200	8.2	<input checked="" type="checkbox"/>
Φωτοβολταϊκό-Β	4.5	6,385	4,500	639	0	100	8.4	<input checked="" type="checkbox"/>
Φωτοβολταϊκό-Γ	24	34,386	24,000	3,439	0	300	7.6	<input checked="" type="checkbox"/>
Σύνολο	37.8	54,059	37,800	5,406	0	-600	7.9	

Σχήμα 5.21: Συνολικό κόστος και παραγωγή συστήματος

Ενώ η συνδεσμολογία της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών με τον inverter και το δίκτυο φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 5.22 .



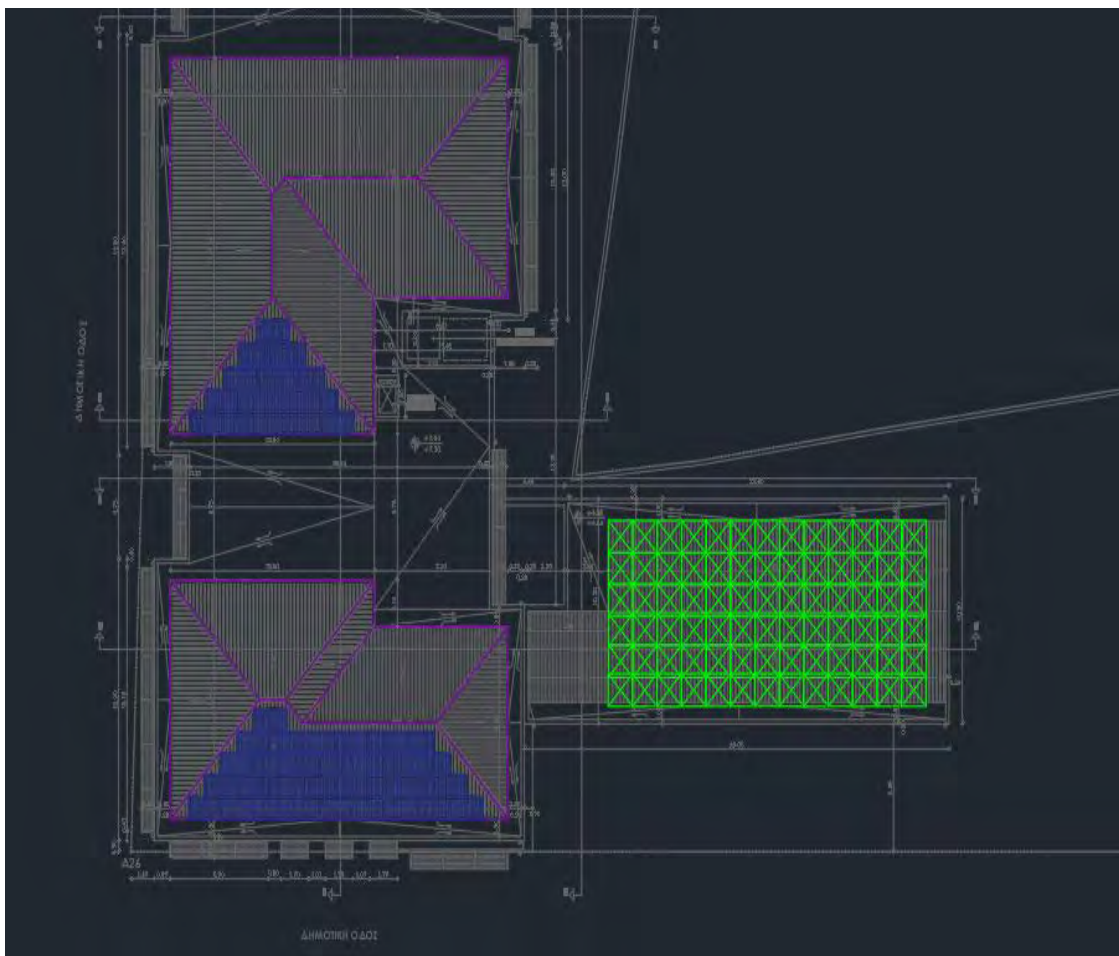
Σχήμα 5.22: Συνολική συνδεσμολογία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

6.1 Σχέδιο εγκατάστασης υβριδικού συστήματος

Το σενάριο αυτό είναι ουσιαστικά ένας συνδυασμός δύο συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η γενική ιδέα είναι να γίνει η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην περιοχή Α και Β οι οποίες αποτελούν κομμάτια της στέγης του κτηρίου και είναι δύσκολο να εγκατασταθούν ανεμογεννήτριες για λόγους πρακτικούς και για ασφαλείας. Επομένως η εγκατάσταση ανεμογεννητριών στην περιοχή Γ (Σχήμα 6.1) η οποία είναι ταράτσα, δηλαδή επίπεδη επιφάνεια, είναι πιο κατάλληλη.



Σχήμα 6.1: Σχέδιο υβριδικού συστήματος εγκατάστασης

6.2 Κλιματικά δεδομένα εγκατάστασης υβριδικού συστήματος

Όπως στα Κεφάλαια 4 και 5 αρχικά γίνεται προσδιορισμός της τοποθεσίας της εγκατάστασης, έτσι και στο συγκεκριμένο σύστημα, η τοποθεσία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Αυτό συμβαίνει διότι τα κλιματικά δεδομένα τόσο η ηλιακή ακτινοβολία όσο και η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζει αρκετά την απόδοση του υβριδικού συστήματος.

Στο Κεφάλαιο 4 μελετήθηκε η εγκατάσταση ανεμογεννητριών και το πιο σημαντικό κλιματικό δεδομένο ήταν η ταχύτητα του ανέμου. Από την άλλη πλευρά στο Κεφάλαιο 5 εξετάστηκε η απόδοση των φωτοβολταϊκών και η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ήταν το πιο σημαντικό κλιματικό δεδομένο της εγκατάστασης.

Στο σενάριο του υβριδικού συστήματος τα κλιματικά δεδομένα (Σχήμα 6.2) παίζουν τόσο μεγάλο ρόλο που το σύστημα μπορεί να είναι υπερβολικά αποδοτικό σε κάποια περιοχή και αρκετά λιγότερο σε μια άλλη. Τα σενάρια που μελετήθηκαν στα Κεφάλαια 4 και 5 είναι πιο προβλέψιμα στον τομέα της απόδοσης.

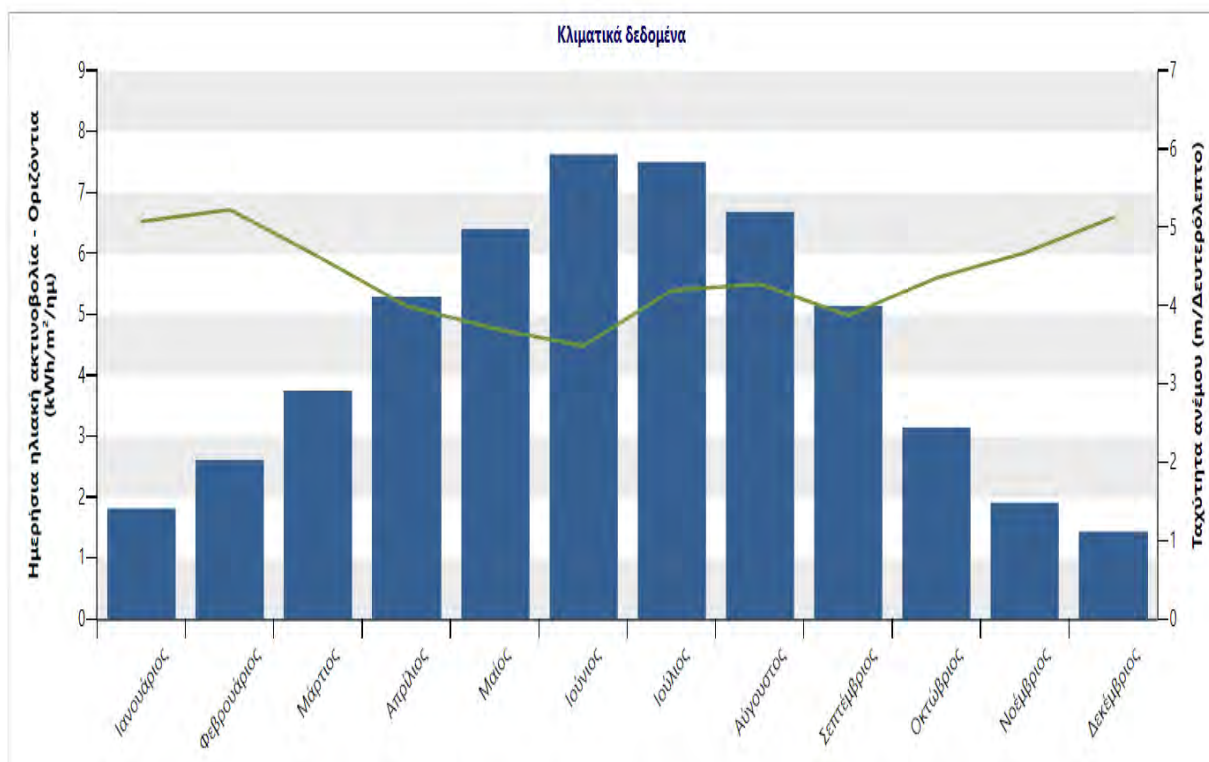
		Μονάδα	Θέση κλιματολογικών δεδομένων		Τοποθεσία εγκατάστασης		Πηγή		
Γεωγραφικό πλάτος			39.3		39.4				
Γεωγραφικό μήκος			23.0		22.7				
Κλιματική ζώνη			3A - Θερμό - Υγρό				NASA		
Υψόμετρο		m	36		137		NASA - Χάρτης		
Θερμοκρασία θέρμανσης βάσει σχεδιασμού		°C	-0.4				NASA		
Θερμοκρασία ψύξης βάσει σχεδιασμού		°C	32.1				NASA		
Πλάτος (διακύμανση) θερμοκρασίας εδάφους		°C	22.2				NASA		

Μήνας	Θερμοκρασία αέρα	Σχετική υγρασία	Κατακρήμνιση	Ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία - Οριζόντια	Ατμοσφαιρική πίεση	Ταχύτητα ανέμου	Θερμοκρασία εδάφους	Βαθμό-ημέρες θέρμανσης 18 °C	Βαθμό-ημέρες ψύξης 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m ² /ημ	kPa	m/Δευτερόλεπτο	°C	°C-ημ	°C-ημ
Ιανουάριος	5.8	70.7%	77.36	1.84	99.6	5.1	4.9	378	0
Φεβρουάριος	6.4	65.3%	63.22	2.61	99.5	5.2	6.4	325	0
Μάρτιος	9.7	57.7%	75.16	3.74	99.3	4.6	10.8	257	0
Απρίλιος	14.9	48.3%	58.80	5.29	99.0	4.0	16.9	93	147
Μαΐος	20.7	42.0%	51.83	6.42	99.1	3.7	23.4	0	332
Ιούνιος	25.6	36.7%	39.10	7.63	99.0	3.5	29.1	0	468
Ιούλιος	27.8	36.1%	44.53	7.51	98.9	4.2	31.3	0	552
Αύγουστος	27.2	38.4%	38.37	6.70	99.0	4.3	30.4	0	533
Σεπτέμβριος	23.3	42.5%	59.79	5.14	99.2	3.9	25.9	0	399
Οκτώβριος	17.8	52.3%	73.35	3.17	99.5	4.4	18.9	6	242
Νοέμβριος	11.7	64.4%	102.56	1.91	99.5	4.7	11.5	189	51
Δεκέμβριος	7.0	72.3%	117.94	1.46	99.6	5.1	6.1	341	0
Ετήσιο	16.5	52.2%	802.01	4.46	99.2	4.4	18.0	1,590	2,724
Πηγή	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA

Σχήμα 6.2: Κλιματικά δεδομένο υβριδικού συστήματος

Στο Σχήμα 6.3 φαίνεται η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία ανά μήνα καθώς και η ταχύτητα του ανέμου ανά μήνα. Παρατηρείται έτσι ότι το σύστημα του Κεφαλαίου 4, το οποίο περιέχει μόνο ανεμογεννήτριες, είναι πιο αποδοτικό τους χειμερινούς μήνες ενώ το σύστημα του Κεφαλαίου 5 είναι πιο αποδοτικό τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στη περίπτωση λοιπόν που μελετάται τώρα, όπου υπάρχει ένα υβριδικό σύστημα, φαίνεται ότι αυτή η περίπτωση είναι ισάξια αποδοτική όλους τους μήνες. Αυτό συμβαίνει γιατί στις ανεμογεννήτριες και τα φωτοβολταϊκά ισχύει μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση. Κατά τους χειμερινούς μήνες, δηλαδή, στους μήνες κατά τους οποίους τα φωτοβολταϊκά δεν είναι τόσο αποδοτικά λόγω χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας, οι ανεμογεννήτριες αποδίδουν στο μέγιστο δυνατό βαθμό λόγω υψηλών ταχυτήτων ανέμου και αντιστρόφως τους καλοκαιρινούς μήνες που οι ανεμογεννήτριες δεν αποδίδουν αρκετά, αποδίδουν μέγιστα τα φωτοβολταϊκά



Σχήμα 6.3: Κλιματικά δεδομένα υβριδικού συστήματος

6.3 Προσομοίωση εγκατάστασης υβριδικού συστήματος

Τα στοιχεία που χρειάζονται για την προσομοίωση του συστήματος δεν παρουσιάζονται εδώ για εξοικονόμηση χώρου στην μελέτη, μιας και έχουν αναφερθεί και χρησιμοποιηθεί για την μελέτη των προηγούμενων περιπτώσεων, αλλά φαίνονται στο Σχήμα 4.12, στο Σχήμα 5.15 και στο Σχήμα 5.17 . Μετά τη προσομοίωση του συστήματος τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτή είναι τα εξής:

Η περιοχή Α που θα περιέχει φωτοβολταϊκά, παράγει 13.287 KWH και κοστίζει 9.300€. Η περιοχή Β επίσης αποτελείται από φωτοβολταϊκά, παράγει 6.385 KWH και κοστίζει 4.500€. Τέλος η περιοχή Γ, χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών και παράγει 54.662 KWH ενώ το κόστος της ανέρχεται στα 75.000€.

Τελικά το υβριδικό σύστημα κοστίζει 88.800€ και παράγει συνολικά 74.335 KWH (Σχήμα 6.4) δηλαδή καλύπτει το 107.9% . Ουσιαστικά το σύστημα είναι αρκετά αποδοτικό από άποψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αφού καλύπτει άνετα τις ηλεκτρικές ανάγκες του κτηρίου.

Το μειονέκτημα του συστήματος είναι το οικονομικό κομμάτι του, διότι οι ανεμογεννήτριες είναι αρκετά ακριβές και όχι πιο αποδοτικές σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά, συνεπώς το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης είναι αρκετά μεγάλο.

	Ισχύς	Ηλεκτρική ενέργεια	Αρχικά κόστη	Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	Κόστος καυσίμου	Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	Απλή αποπληρωμή	Να συμπεριληφθεί το σύστημα;
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kW	kWh	€	€	€	€	έτος	<input checked="" type="checkbox"/>
Ηλεκτρισμός								
Φωτοβολταϊκό - Α	9.3	13,287	9,300	1,329	0	200	8.2	<input checked="" type="checkbox"/>
Φωτοβολταϊκό - Β	4.5	6,385	4,500	639	0	100	8.4	<input checked="" type="checkbox"/>
Ανεμογεννήτρια	31.2	54,662	75,000	5,466	0	400	14.8	<input checked="" type="checkbox"/>
Σύνολο	45	74,335	88,800	7,434	0	-700	13.2	

Σχήμα 6.4: Συνολικό κόστος και παραγωγή υβριδικού συστήματος

Το υβριδικό σύστημα φωτοβολταϊκών και ανεμογεννητριών παράγει αρκετή ηλεκτρική ενέργεια όμως το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης το καθιστά μη οικονομικό, ειδικά σε βάθος χρόνου κάτι που θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 8 διεξοδικά, όπως και όλα τα συστήματα της εργασίας.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένα άλλο σενάριο το οποίο είναι αρκετά πιο οικονομικό τόσο στο κεφάλαιο εγκατάστασης όσο και σε βάθος χρόνου (απόσβεση) και ταυτόχρονα πιο αποδοτικό σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με τα συστήματα των Κεφαλαίων 4 και 5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

7.1 Σχέδιο βέλτιστου σεναρίου φωτοβολταϊκών

Το σχέδιο αυτό, που αναφέρεται στον τρόπο εγκατάστασης του βέλτιστου σεναρίου για την χρήση φωτοβολταϊκών, βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο σύστημα που μελετήθηκε στο Κεφάλαιο 5. Ουσιαστικά τροποποιεί την τρόπο εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πάνελ στη περιοχή Γ.

Στο Κεφάλαιο 5 τα φωτοβολταϊκά έχουν γωνία κλίσης σταθερή στις 34° . Στην περιοχή Γ η οποία είναι επίπεδη υπάρχει η δυνατότητα επιλογής ενός συστήματος παρακολούθησης του ήλιου το οποίο ουσιαστικά προσανατολίζει τα πάνελ πάντα σε σχέση με τον ήλιο μεγιστοποιώντας την απόδοσή τους.

Υπάρχουν τρεις τρόποι εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού. Ο πρώτος τρόπος είναι η εγκατάσταση του πάνελ σε μια σταθερή θέση με συγκεκριμένη γωνία και αζιμούθιο (Σχήμα 7.1), όπως ακριβώς είναι στην εγκατάσταση του Κεφαλαίου 5.



Σχήμα 7.1: Σταθερή εγκατάσταση ηλιακού συλλέκτη

Ο δεύτερος τρόπος εγκατάστασης, ο οποίος και θα χρησιμοποιηθεί στο συγκεκριμένο σενάριο είναι η χρήση ιχνηλατών ενός άξονα παρακολούθησης του ήλιου, με περιστροφή γύρω από ένα άξονα που βρίσκεται στο επίπεδο του συλλέκτη (Σχήμα 7.2). Αυτός ο τρόπος εγκατάστασης αυξάνει την απόδοση του συστήματος, ωστόσο έχει το μειονέκτημα ότι το κόστος εγκατάστασης αυξάνεται σε σχέση με το σταθερό φωτοβολταϊκό.



Σχήμα 7.2: Ιχνηλάτης ενός άξονα

Ο τρίτος τρόπος εγκατάστασης είναι με την χρήση ιχνηλατών δύο αξόνων (Σχήμα 7.3). Με τον τρόπο αυτό, ο συλλέκτης ακολουθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τον ήλιο, αυξάνοντας έτσι την απόδοση. Αυτό σημαίνει ότι σε αυτή τη περίπτωση θα έχουμε μεγαλύτερη απόδοση απ' ό,τι αν χρησιμοποιούνταν ο ιχνηλάτης ενός άξονα, που αναφέρθηκε παραπάνω.



Σχήμα 7.3: Ιχνηλάτης δύο αξόνων

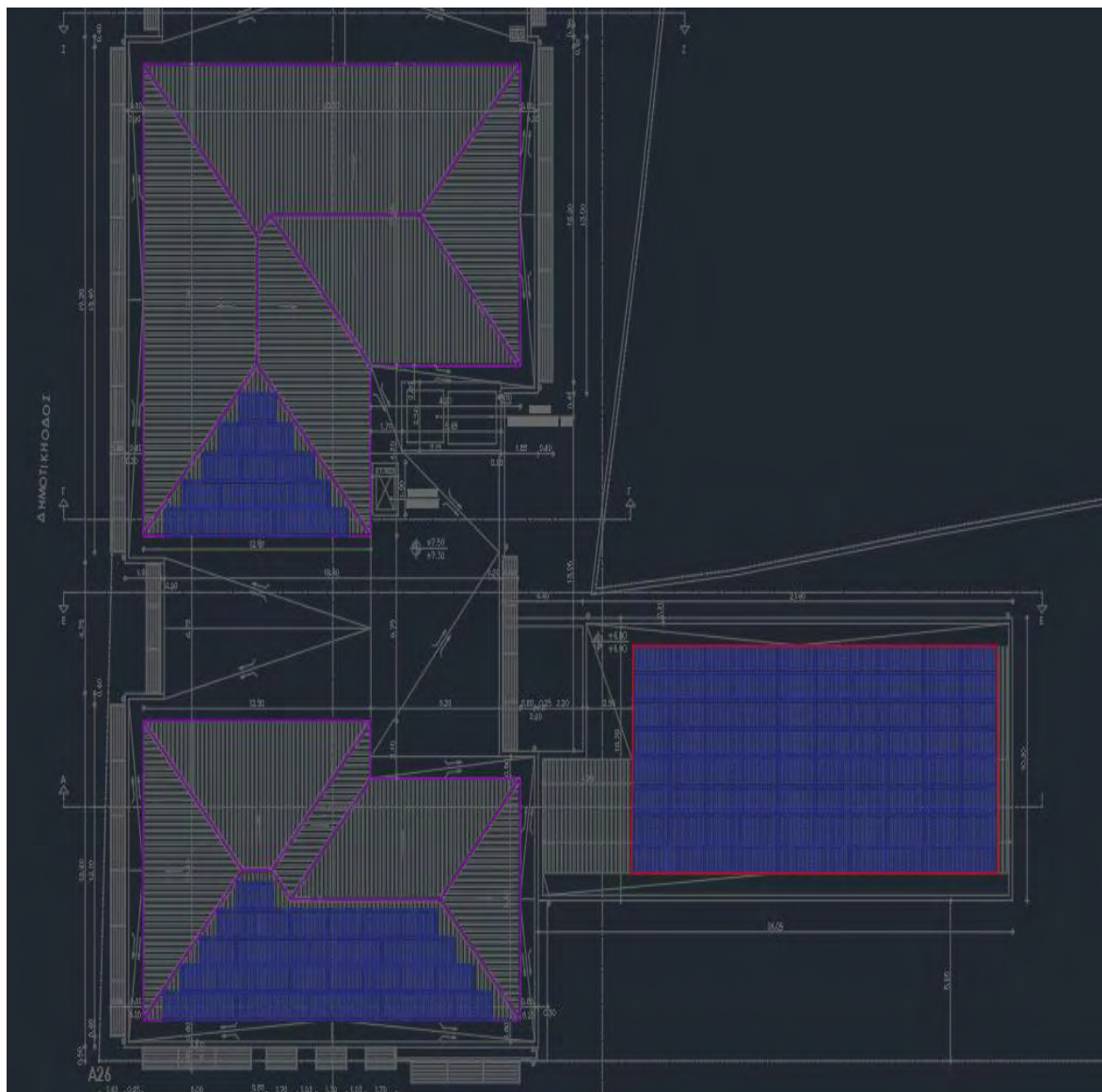
Ο ανασταλτικός παράγοντας ωστόσο, για τον οποίο δεν επιλέγεται η συγκεκριμένη εναλλακτική και στην θέση της έχει επιλεγεί ο δεύτερος τρόπος εγκατάστασης, είναι το κόστος για την εγκατάσταση του. Σε αυτή την περίπτωση δηλαδή, παρατηρείται η αναπόφευκτη αύξηση του κόστους εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών, η οποία, μετά από πολλές δοκιμές στο συγκεκριμένο κτήριο, παράγει δυσανάλογα περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια σε σύγκριση με το επιπρόσθετο ποσό που δαπανάται.

Θεωρήθηκε επομένως, ότι θα ήταν πιο προσοδοφόρο, αν χρησιμοποιούταν η δεύτερη εναλλακτική εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών, μιας και δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη διαφορά στην απόδοση και βάση κόστους του αποφασίστηκε ότι δεν θα ήταν το βέλτιστο σενάριο, κάτι που αποτελεί και την ουσία της ενότητας.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται τόσο γραπτώς όσο και σε σχήμα, το σχέδιο του κτηρίου, όπως αυτό διαμορφώνεται μετά την εγκατάσταση του βέλτιστου συστήματος φωτοβολταϊκών, της δεύτερης δηλαδή εναλλακτικής, που λειτουργεί με τη χρήση ιχνηλάτη ενός άξονα.

Στο Σχήμα 7.4 που ακολουθεί λοιπόν, με κόκκινο πλαίσιο συμβολίζεται η περιοχή Γ, η οποία χρησιμοποιεί το σύστημα ιχνηλάτη ενός άξονα. Η περιοχή Α και Β χρησιμοποιεί το τρόπο εγκατάστασης που χρησιμοποιήθηκε στην ενότητα 5 και ο λόγος για τον οποίο δεν χρησιμοποιείται το ίδιο σύστημα με την περιοχή Γ είναι ότι αυτός ο τρόπος εγκατάστασης προσθέτει επιπλέον βάρος στην κατασκευή.

Αυτό που δεν έχει υποστεί αλλαγές, είναι η οροφή του κτηρίου και αυτό οφείλεται εμφανώς στο ότι έχει ήδη κατασκευαστεί εκ των προτέρων, χωρίς ο μηχανικός και ο αρχιτέκτονας να λάβουν υπόψιν τους το επιπλέον βάρος και η ανακατασκευή της θα ήταν μη οικονομική άσχετα με ο κέρδος λόγω της μικρής αύξησης της απόδοσης του γενικού συστήματος.



Σχήμα 7.4: Σχέδιο κτηρίου μετά την εγκατάσταση βέλτιστου συστήματος φωτοβολταϊκών

7.2 Προσομοίωση βέλτιστου σεναρίου φωτοβολταϊκών

Η διαδικασία εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών που ακολουθήθηκε, είναι σε γενικές γραμμές ίδια με αυτή που παρουσιάστηκε στην ενότητα 5. Η μόνη διαφορά που πρέπει να τονιστεί, είναι ότι σε σύγκριση με την ενότητα 5, αυτή τη φορά αποφασίστηκε ότι στην περιοχή Γ θα προστεθεί ένα σύστημα ανίχνευσης ηλιακής ακτινοβολίας. Ο λόγος που γίνεται αυτό, είναι επειδή το σύστημα αυτό αποτελεί κάτι που θα οδηγήσει στην αύξηση

της απόδοσης του συστήματος γιατί θα μεγιστοποιήσει τις ώρες που οι ηλιακοί συλλέκτες απορροφούν την ακτινοβολία του ήλιου.

Όπως γίνεται επομένως αντιληπτό, πολλά από τα δεδομένα και στοιχεία που χρειάζονται για την εγκατάσταση του βέλτιστου σεναρίου φωτοβολταϊκών έχουν ήδη μελετηθεί αναλυτικά στην ενότητα 5 συνεπώς σε αυτό το σημείο της εργασίας θα χρησιμοποιηθούν τα προαναφερθέντα δεδομένα για οικονομία χώρου και χρόνου.

Το πρώτο βήμα σε αυτή, αλλά και σε κάθε εγκατάσταση, είναι ο προσδιορισμός της τοποθεσίας της εγκατάστασης και η συλλογή των κλιματικών δεδομένων. Τόσο ο προσδιορισμός τοποθεσίας όσο και τα κλιματικά δεδομένα για αυτή τη περίπτωση φαίνονται στο Σχήμα 5.10 και στο Πίνακα 5.1 αντίστοιχα και βρίσκονται στο Κεφάλαιο 5.

Στην συνέχεια γίνεται εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην περιοχή Α η οποία φαίνεται στο Σχήμα 5.15 ενώ η εγκατάσταση των πάνελ στην περιοχή Β φαίνεται στο Σχήμα 5.17 . Ουσιαστικά λοιπόν, όπως έχει γίνει σαφές και παραπάνω, οι διαφορές της εγκατάστασης σε αυτή τη περίπτωση σε σχέση με το σύστημα του Κεφαλαίου 5, συναντώνται στην περιοχή Γ.

Αυτό που γίνεται διαφορετικά στην περιοχή Γ σε αυτό το σενάριο, είναι ότι αρχικά η λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου γίνεται με μονό-αξονικό σύστημα αντί για σταθεροποιημένο που επιλέχτηκε στο Κεφάλαιο 5, δηλαδή ενός συστήματος με σταθερή κλίση, αυξάνοντας σε αυτό το ενδεχόμενο, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτό που συμβαίνει κατά συνέπεια όλων των προαναφερθέντων, είναι ότι ο συντελεστής ισχύος αυξάνεται σε 21,3%. Αυτό στην προηγούμενη περίπτωση που αποτελεί και το μέτρο σύγκρισης, δεν συνέβη, διότι χωρίς τη χρήση του συστήματος ανιχνευτή ηλιακής ακτινοβολίας το συντελεστής ισχύος ήταν στο 16,4% στην ίδια περιοχή.

Αφήνοντας πλέον τον παράγοντα της ισχύος, θα γίνει σύγκριση στην οικονομική παράμετρο μιας τέτοιας τροποποίησης. Μια ακόμη διαφορά που παρατηρείται λοιπόν σε αυτό το τομέα, είναι ότι εξαιτίας των τροποποιήσεων, υπάρχει μια ελαφριά αύξηση στο κόστος εγκατάστασης, με την τιμή να φτάνει στα 34.000€. αυτό σημαίνει ότι στην περίπτωση αυτή, το κόστος της εγκατάστασης θα είναι 10.000€ ακριβότερο από την εγκατάσταση που πραγματοποιήθηκε στο Κεφάλαιο 5 στη περιοχή Γ.

Εμμένοντας στον οικονομικό παράγοντα, θα πρέπει να γίνει μια σύντομη αναφορά και στο κόστος της συντήρησης του συστήματος, το οποίο μετά της τροποποιήσεις φτάνει τα 400€ ενώ στην ενότητα 5, το κόστος συντήρησης του συστήματος ανά έτος στη περιοχή Γ ήταν στα 300 €. Όλα τα παραπάνω στοιχεία φαίνονται στο Σχήμα 7.5 .

Φωτοβολταϊκό - Επίπεδο 2

Αξιολόγηση πηγών

Λειτουργία παρακολούθησης του ήλιου		Mono-αξονικό
Κλίση	°	34
Αζιμούθιο	°	0

⌵ Δείξε δεδομένα

Φωτοβολταϊκό

Τύπος		mono-Si
Ηλεκτρική ισχύς	kW	24
Κατασκευαστής		Canadian Solar
Μοντέλο		mono-Si - CS6X-300M - MaxPower
Αριθμός μονάδων		80
Βαθμός απόδοσης	%	15.63%
Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας κελλίου	°C	45
Συντελεστής θερμοκρασίας	% / °C	0.4%
Επιφάνεια ηλιακού συλλέκτη	m ²	154
Λοιπές απώλειες	%	10%

Μετατροπέας (inverter)

Βαθμός απόδοσης	%	98%
Ισχύς	kW	9
Λοιπές απώλειες	%	2%

Περίληψη

Συντελεστής ισχύος	%	21.3%
Αρχικά κόστη	€	34,000
Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€	400
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού		Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο - ετήσιο
	€/kWh	0.10
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kWh	44,749
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€	4,475

Σχήμα 7.5: Προσομοίωση εγκατάστασης βέλτιστου σεναρίου περιοχής Γ

Το καινούργιο σύστημα λοιπόν, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.6, παράγει 64.422 KWH ενώ η ηλεκτρικές ανάγκες του κτηρίου, όπως αυτές υπολογίστηκαν στο τέλος του Κεφάλαιο 3 και είναι 68.882,8 KWH. Αυτό σημαίνει εμφανώς, ότι το βέλτιστο σύστημα φωτοβολταϊκών καλύπτει το 93,5% της κατανάλωσης του κτηρίου ανά έτος.

Όσο αφορά στον οικονομικό τομέα, το σύστημα θα είναι ακριβότερο από την άλλη περίπτωση, αφού το σύστημα αυτό για να εγκατασταθεί κοστίζει 47.800 € το οποίο είναι 10.000 € περισσότερα από το σύστημα του Κεφαλαίου 5.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να ειπωθεί ότι παρακάτω, στο Κεφάλαιο 8, έχουν μελετηθεί τέσσερα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και στην συνέχεια θα μελετηθεί καθένα από αυτά σε οικονομικό επίπεδο.

) Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	Ισχύς	Ηλεκτρική ενέργεια	Αρχικά κόστη	Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	Κόστος καυσίμου	Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	Απλή αποπληρωμή	Να συμπεριληφθεί το σύστημα;
	kW ▼	kWh ▼	€	€	€	€	έτος	<input checked="" type="checkbox"/>
Ηλεκτρισμός								
Φωτοβολταϊκό - Α	9.3	13,287	9,300	1,329	0	200	8.2	<input checked="" type="checkbox"/>
Φωτοβολταϊκό - Β	4.5	6,385	4,500	639	0	100	8.4	<input checked="" type="checkbox"/>
Φωτοβολταϊκό - Γ	24	44,749	34,000	4,475	0	400	8.3	<input checked="" type="checkbox"/>
Σύνολο	37.8	64,422	47,800	6,442	0	-700	8.3	

Σχήμα 7.6: Συνολικό κόστος και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

8.1 Παραδοχές εγκατάστασης

Αρχικά, πριν παρουσιαστεί η οικονομική μελέτη κάθε συστήματος καθώς και η απόδειξη ότι το βέλτιστο σενάριο, αποτελεί αυτό που εξετάστηκε στο Κεφάλαιο 7, πρέπει να διατυπωθούν ορισμένες παραδοχές για την εγκατάσταση ώστε η οικονομική ανάλυση να είναι ρεαλιστική. Στην ουσία, αυτό που πρόκειται να εξεταστεί είναι ορισμένοι παράμετροι, οι οποίοι επηρεάζουν σε οικονομικό επίπεδο τη μελέτη. Πρέπει επομένως αυτοί να ληφθούν υπόψιν για να συγκριθούν οικονομικά τα συστήματα που επιχειρήθηκε να εγκατασταθούν.

Αυτό που πρέπει να διατυπωθεί πρώτο απ' όλα είναι το μέγιστο κεφάλαιο επένδυσης, το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση ισούται με 90.000€. Έχοντας αυτό ως δεδομένο, ο στόχος που θέτει η εργασία είναι το σύστημα που θα επιλεγεί να δίνει τη βέλτιστη απόδοση σε ισχύ, με το ελάχιστο δυνατό κόστος, ώστε η εγκατάσταση να αποφέρει όσο το δυνατόν περισσότερο κέρδος.

Ένα ακόμη ζήτημα που λαμβάνεται υπόψιν στην οικονομική μελέτη του κτηρίου είναι η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας που ισούται με 0,1 €/kwh. Με το δεδομένο αυτό υπολογίζονται τα έσοδα του κάθε συστήματος με την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιλέχθηκε η τιμή 0,1 €/ kwh διότι παρατηρείται μια πτώση στη τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας όπως φαίνεται στο Πίνακα 8.1, οπότε προκειμένου η προσομοίωση να είναι ρεαλιστική και να έχει σίγουρα κέρδος στο μέλλον επιλέχθηκε μια ακόμη πιο χαμηλή τιμή πώλησης σε σχέση με την σημερινή.

Επιπρόσθετη σημασία έχει και η πρόβλεψη οικονομικής και ενεργειακής απόδοσης. Προκειμένου να αποδειχθεί ότι το σύστημα που επιλέχθηκε είναι προσοδοφόρο, εξετάζεται η οικονομική του απόδοση σε βάθος 20 χρόνων. Ο λόγος που επιλέγεται ο συγκεκριμένος αριθμός ετών και όχι κάποιος μεγαλύτερος όπως για παράδειγμα 30 χρόνια, είναι επειδή αν το όριο των 20 χρόνων υπερβληθεί, υπάρχουν πολλά δεδομένα τα οποία μπορεί να μεταβληθούν.

Τα κυριότερα από αυτά είναι η τεχνολογία, η οικονομία της εκάστοτε χώρας, το κόστος των υλικών η ακόμη σε πολλές περιπτώσεις και η χρήση του κτηρίου. Οπότε αν ο αριθμός των ετών αυξανόταν, η πρόβλεψη δεν θα ήταν κατά πάσα πιθανότητα ρεαλιστική μιας και όλα τα ζητήματα που εξετάζονται ως δεδομένα, μπορεί σε βάθος χρόνου να μην ισχύουν ως έχουν τη στιγμή της πραγμάτωσης της μελέτης για την εγκατάσταση.

Τέλος, ένας ακόμη παράγοντας που λαμβάνεται υπόψιν είναι η τιμή πληθωρισμού, όπως αυτή ορίζεται για τα ελληνικά δεδομένα. Ο λόγος που λαμβάνεται αυτός ο παράγοντας υπόψιν σχετίζεται με την οικονομική απόσβεση που θα επιτευχθεί, καθώς αν η τιμή αυτή μεταβληθεί, μεταβάλλεται ανάλογα και ο χρόνος απόσβεσης. Στην Ελλάδα λοιπόν, η τιμή πληθωρισμού ισούται με 0,7 %, όπως αυτό αναφέρεται χαρακτηριστικά για το έτος 2019 και αυτό λαμβάνεται ως δεδομένο, μιας και αναφέρεται στο τρέχον έτος κατά το οποίο γίνεται και η συγγραφή της εργασίας.

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν, σε συνδυασμό με όσα έχουν προαναφερθεί, η οικονομική ανάλυση που ακολουθεί θα αφορά εξίσου ζητήματα που εξετάζονται αναλυτικά κατά την διαδικασία της εγκατάστασης συστημάτων. Αυτά είναι συνοπτικά τα κόστη εγκατάστασης αλλά και συντήρησης, τα έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας , ο αριθμός χρόνων απόσβεσης τους αρχικού κεφαλαίου και τα κέρδη στο πέρας των είκοσι χρόνων.

Πίνακας 8.1: Τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας

Έτος/Μήνας	Τιμή Κιλοβατώρας(Ευρώ)
2012 Αύγουστος	0,25
2013 Φεβρουάριος	0,23875
2013 Αύγουστος	0,22801
2014 Φεβρουάριος	0,21775
2014 Αύγουστος	0,20795
2015 Φεβρουάριος	0,19859
2015 Αύγουστος	0,18965
2016 Φεβρουάριος	0,18112
2016 Αύγουστος	0,17297
2017 Φεβρουάριος	0,16518
2017 Αύγουστος	0,15775
2018 Φεβρουάριος	0,15065
2018 Αύγουστος	0,14387

8.2 Οικονομική ανάλυση συστήματος ανεμογεννητριών

Το σύστημα των ανεμογεννητριών κοστίζει 75.000€ για την εγκατάσταση του ενώ κάθε χρόνο τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης του είναι 400€. Γενικά το κόστος εγκατάστασης του συστήματος είναι 1,37 €/kwh. Από την άλλη πλευρά τα ετήσια έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας φτάνουν τα 5.466€ (Σχήμα 8.1).

Οικονομικοί Παράμετροι				Κόστος Αποθηκεύσεις Έσοδο			
Γενικά				Αρχικά κόστη			
Τιμή πληθωρισμού	%		0.7%	Αρχικό κόστος	100%	€	75,000
Επιτόκιο αναγωγής	%		0%	Συνολικά αρχικά κόστη			
Ποσοστό επανεπένδυσης	%		0%		100%	€	75,000
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		20	Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους			
Χρηματοδότηση				Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)		€	400
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	€			Συνολικά ετήσια κόστη			
Τοκοχρεολύσιο	%		0%			€	400
Ανάλυση φόρου εισοδήματος				Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
				Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας		€	5,466
				Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
						€	5,466
Ετήσια έσοδα				Οικονομική Βιωσιμότητα			
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας				(IRR) προ φόρου - μετοχές	%		5.2%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kWh		54,662	MIRR προ φόρου - μετοχές	%		2.7%
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/kWh		0.10	(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		5.2%
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		5,466	MIRR προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		2.7%
Κυλιόμενος φόρος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	%		2%				
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				Απλή αποπληρωμή	έτος		14.8
Μικτή μείωση ΑΤΘ	tn CO ₂ /έτος		39	Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		12.8
Μικτή μείωση ΑΤΘ - 20 έτη	tn CO ₂		787	Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€		51,857
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	€		0	Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος		2,593
Λοιπά έσοδα (έξοδα)				Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)			1.7
				Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων			Χωρίς χρέος
Έσοδα παραγωγής Καθαρής Ενέργειας (ΚΕ)				Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO ₂		-66
				Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/kWh		0.077

Σχήμα 8.1: Οικονομική ανάλυση συστήματος ανεμογεννητριών

Παρακάτω, γίνεται εμφανές μέσω του Πίνακα 8.2, ότι το σύστημα που εκμεταλλεύεται τη χρήση ανεμογεννητριών κάνει απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου εγκατάστασης μετά από 13 χρόνια με κέρδος 1.389€ ενώ μετά από 20 χρόνια λειτουργίας υπάρχει κέρδος της τάξης των 51.857€

Πίνακας 8.2: Οικονομική πρόβλεψη συστήματος

Ετήσια χρηματοροή		
Ετος	Προ-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€
0	-75,000	-75,000
1	5,173	-69,827
2	5,281	-64,546
3	5,392	-59,153
4	5,506	-53,648
5	5,621	-48,027
6	5,739	-42,288
7	5,859	-36,429
8	5,982	-30,448
9	6,107	-24,341
10	6,234	-18,106
11	6,365	-11,742
12	6,498	-5,244
13	6,633	1,389
14	6,772	8,161
15	6,913	15,073
16	7,057	22,130
17	7,204	29,334
18	7,354	36,687
19	7,507	44,194
20	7,663	51,857

8.3 Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτοβολταϊκών

Περνώντας από τη χρήση ανεμογεννητριών στο σύστημα που εκμεταλλεύεται τα φωτοβολταϊκά, πρέπει να επισημανθεί ότι η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος θα ανέλθει στα 37.800€. Στην περίπτωση αυτή, τα ετήσια κόστη λειτουργίας και συντήρησης του είναι 700€. Γενικά το κόστος εγκατάστασης είναι 0,7 €/kwh. Το σύστημα επιφέρει κέρδος 5.406€ ανά έτος από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας (Σχήμα 8.2).

Οικονομικοί Παράμετροι				Κόστος Αποθηκεύσεις Έσοδο			
Γενικά				Αρχικά κόστη			
Τιμή πληθωρισμού	%		0.7%	Αρχικό κόστος	100%	€	37,800
Επιτόκιο αναγωγής	%		0%	Συνολικά αρχικά κόστη			
Ποσοστό επανεπένδυσης	%		0%		100%	€	37,800
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		20	Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους			
Χρηματοδότηση				Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€		700
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	€			Συνολικά ετήσια κόστη			
Τοκοχρεολύσιο	%		0%		€		700
Ανάλυση φόρου εισοδήματος				Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
				Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		5,406
				Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
					€		5,406
Ετήσια έσοδα				Οικονομική Βιωσιμότητα			
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας				(IRR) προ φόρου - μετοχές	%		13.3%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kWh		54,059	MIRR προ φόρου - μετοχές	%		5.9%
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/kWh		0.10	(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		13.3%
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		5,406	MIRR προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		5.9%
Κυλιόμενος φόρος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	%		2%				
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				Απλή αποπληρωμή	έτος		8
Μικτή μείωση ΑΤΘ	tn CO ₂ /έτος		39	Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		7.3
Μικτή μείωση ΑΤΘ - 20 έτη	tn CO ₂		779	Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€		81,100
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	€		0	Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος		4,055
Λοιπά έσοδα (έξοδα)				Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)			3.1
Έσοδα παραγωγής Καθαρής Ενέργειας (ΚΕ)				Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων			Χωρίς χρέος
				Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO ₂		-104
				Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/kWh		0.049

Σχήμα 8.2: Οικονομική ανάλυση συστήματος φωτοβολταϊκών

Το σύστημα φωτοβολταϊκών λοιπόν, όπως φαίνεται παρακάτω στο Πίνακα 8.3, κάνει απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου των 37.800€ σε 8 χρόνια με κέρδος 3.747€ και μετά το πέρας των 20 χρόνων παρουσιάζει κέρδος 81.100€

Πίνακας 8.3: Οικονομική πρόβλεψη συστήματος

Ετήσια χρηματοροή		
Ετος	Προ-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€
0	-37,800	-37,800
1	4,809	-32,991
2	4,914	-28,076
3	5,022	-23,054
4	5,132	-17,923
5	5,244	-12,679
6	5,358	-7,321
7	5,475	-1,846
8	5,594	3,747
9	5,715	9,462
10	5,839	15,302
11	5,966	21,267
12	6,095	27,362
13	6,227	33,589
14	6,361	39,950
15	6,498	46,448
16	6,638	53,087
17	6,781	59,868
18	6,927	66,796
19	7,076	73,872
20	7,228	81,100

8.4 Οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος

Το υβριδικό σύστημα το οποίο αποτελείται από φωτοβολταϊκά στις περιοχές Α και Β και ανεμογεννήτριες στην περιοχή Γ έχει κόστος εγκατάστασης 88.800 € το οποίο ισούται με 1,19 €/kWh. Επιπλέον τα ετήσια κόστη λειτουργίας και συντήρησης είναι 700€ ενώ τα έσοδα από την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας φτάνουν τις 7.434€ (Σχήμα 8.3).

Οικονομικοί Παράμετροι				Κόστος Αποθηκεύσεις Έσοδο			
Γενικά				Αρχικά κόστη			
Τιμή πληθωρισμού	%		0.7%	Αρχικό κόστος	100%	€	88,800
Επιτόκιο αναγωγής	%		0%				
Ποσοστό επανεπένδυσης	%		0%	Συνολικά αρχικά κόστη	100%	€	88,800
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		20	Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους			
Χρηματοδότηση				Κόστη Λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€		700
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	€			Συνολικά ετήσια κόστη	€		700
Τοκοχρεολύσιο	%		0%	Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
Ανάλυση φόρου εισοδήματος			<input type="checkbox"/>	Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		7,434
				Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα	€		7,434
				Οικονομική Βιωσιμότητα			
Ετήσια έσοδα				(IRR) προ φόρου - μετοχές	%		6.6%
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας				MIRR προ φόρου - μετοχές	%		3.3%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kWh		74,335	(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		6.6%
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/kWh		0.10	MIRR προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		3.3%
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		7,434				
Κυλιόμενος φόρος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	%		2%	Απλή αποπληρωμή	έτος		13.2
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		11.5
Μικτή μείωση ΑΤΘ	tn CO ₂ /έτος		54	Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€		80,351
Μικτή μείωση ΑΤΘ - 20 έτη	tn CO ₂		1,071	Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος		4,018
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	€		0				
Λοιπά έσοδα (έξοδα)				Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)			1.9
				Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων			Χωρίς χρέος
Έσοδα παραγωγής Καθαρής Ενέργειας (ΚΕ)				Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO ₂		-75
				Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/kWh		0.07

Σχήμα 8.3: Οικονομική ανάλυση υβριδικού συστήματος

Το υβριδικό σύστημα κάνει απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου στα 12 χρόνια με κέρδος 4.101€ ενώ μετά από 20 χρόνια προσφέρει κέρδος 80.351€, όπως αυτό φαίνεται στο Πίνακα 8.4 .

Πίνακας 8.4: Οικονομική πρόβλεψη συστήματος

Ετήσια χρηματοροή		
Ετος	Προ-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€
0	-88,800	-88,800
1	6,877	-81,923
2	7,024	-74,899
3	7,174	-67,725
4	7,326	-60,399
5	7,482	-52,916
6	7,641	-45,275
7	7,804	-37,471
8	7,969	-29,502
9	8,138	-21,363
10	8,311	-13,053
11	8,487	-4,566
12	8,666	4,101
13	8,850	12,950
14	9,037	21,987
15	9,227	31,214
16	9,422	40,636
17	9,621	50,257
18	9,823	60,080
19	10,030	70,110
20	10,241	80,351

8.5 Οικονομική ανάλυση βέλτιστου συστήματος φωτοβολταϊκών

Η εγκατάσταση αυτού του συστήματος κοστίζει 47.800€, με άλλα λόγια 0,74 €/kwh. Το κόστος λειτουργίας του σε συνδυασμό με το κόστος συντήρησης είναι ίσο με 700 € και τα έσοδα του συστήματος είναι της τάξης των 6.442 € (Σχήμα 8.4).

Οικονομικοί Παράμετροι				Κόστος Αποθηκεύσεις Έσοδο			
Γενικά				Αρχικά κόστη			
Τιμή πληθωρισμού	%		0.7%	Αρχικό κόστος	100%	€	47,800
Επιτόκιο αναγωγής	%		0%	Συνολικά αρχικά κόστη			
Ποσοστό επανεπένδυσης	%		0%		100%	€	47,800
Διάρκεια ζωής έργου	έτος		20	Ετήσια κόστη και πληρωμές χρέους			
Χρηματοδότηση				Κόστη λειτουργίας & Συντήρησης (εξοικονόμηση)	€		700
Κίνητρα και επιχορηγήσεις	€			Συνολικά ετήσια κόστη			
Τοκοχρεολύσιο	%		0%		€		700
Ανάλυση φόρου εισοδήματος				Ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
				Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		6,442
				Συνολικές ετήσιες αποταμιεύσεις και έσοδα			
					€		6,442
Ετήσια έσοδα				Οικονομική Βιωσιμότητα			
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας				(IRR) προ φόρου - μετοχές	%		12.7%
Ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο	kWh		64,422	MIRR προ φόρου - μετοχές	%		5.7%
Τιμή πωλούμενου ηλεκτρισμού	€/kWh		0.10	(IRR) προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		12.7%
Έσοδα από πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	€		6,442	MIRR προ φόρου - περιουσιακά στοιχεία	%		5.7%
Κυλιόμενος φόρος πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας	%		2%				
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ				Απλή αποπληρωμή	έτος		8.3
Μικτή μείωση ΑΤΘ	tn CO ₂ /έτος		46	Αποπληρωμή Μετοχών	έτος		7.6
Μικτή μείωση ΑΤΘ - 20 έτη	tn CO ₂		928	Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	€		96,782
Έσοδα από τη μείωση εκπομπών ΑΤΘ	€		0	Ετήσιες αποταμιεύσεις κύκλου ζωής	€/έτος		4,839
Λοιπά έσοδα (έξοδα)				Αναλογία Οφέλους-Κόστους (Ο-Κ)			3
Έσοδα παραγωγής Καθαρής Ενέργειας (ΚΕ)				Κάλυψη δανειακών υποχρεώσεων			Χωρίς χρέος
				Κόστος μείωσης εκπομπών ΑΤΘ	€/tn CO ₂		-104
				Κόστος παραγωγής ενέργειας	€/kWh		0.049

Σχήμα 8.4: Οικονομική ανάλυση βέλτιστου συστήματος φωτοβολταϊκών

Το βέλτιστο σύστημα φωτοβολταϊκών κάνει απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου σε 8 χρόνια με κέρδος 2.819 € ενώ με την συνεχόμενη λειτουργία του για 20 χρόνια το κέρδος φτάνει το ποσό των 96.782 €. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στο Πίνακα 8.5 .

Πίνακας 8.5: Οικονομική πρόβλεψη συστήματος

Ετήσια χρηματοροή		
Ετος	Προ-φόρων	Αθροιστικά
#	€	€
0	-47,800	-47,800
1	5,866	-41,934
2	5,993	-35,941
3	6,122	-29,820
4	6,253	-23,566
5	6,388	-17,178
6	6,525	-10,653
7	6,665	-3,988
8	6,808	2,819
9	6,954	9,773
10	7,102	16,875
11	7,254	24,130
12	7,409	31,539
13	7,567	39,106
14	7,728	46,834
15	7,893	54,727
16	8,061	62,788
17	8,232	71,021
18	8,407	79,428
19	8,586	88,014
20	8,768	96,782

8.6 Πρόταση αποδοτικότερου συστήματος

Στόχος αυτής της ενότητας είναι εύρεση του αποδοτικότερου συστήματος σύμφωνα με τα κριτήρια που παρουσιάστηκαν στην υποενότητα 8.1, όπως κόστος εγκατάστασης, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τον χρόνο απόσβεσης του αρχικού κεφαλαίου και τα κέρδη συστήματος μετά από 20 χρόνια. Παρακάτω λοιπόν αναλύονται οικονομικά τα συστήματα που παρουσιάστηκαν στα Κεφάλαια 4, 5, 6 και 7 και μέσα από την ανάλυση αυτή θα παρουσιαστεί η ιδανικότερη επιλογή.

Το σύστημα του Κεφαλαίου 4 το οποίο αποτελείται πλήρως από ανεμογεννήτριες είναι το λιγότερο αποδοτικό από όλα τα συστήματα που έχουν μελετηθεί στην εργασία αυτή. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος καλύπτει το 79,35% των ηλεκτρικών αναγκών του κτηρίου το οποίο είναι αρκετά χαμηλό ποσοστό για το ποσό των 75.000€ που κοστίζει η εγκατάστασή του. Ακόμη η απόσβεση του συστήματος γίνεται με την πάροδο 13 χρόνων ενώ τα κέρδη (51.857€) που αποφέρει είναι ελάχιστα σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα.

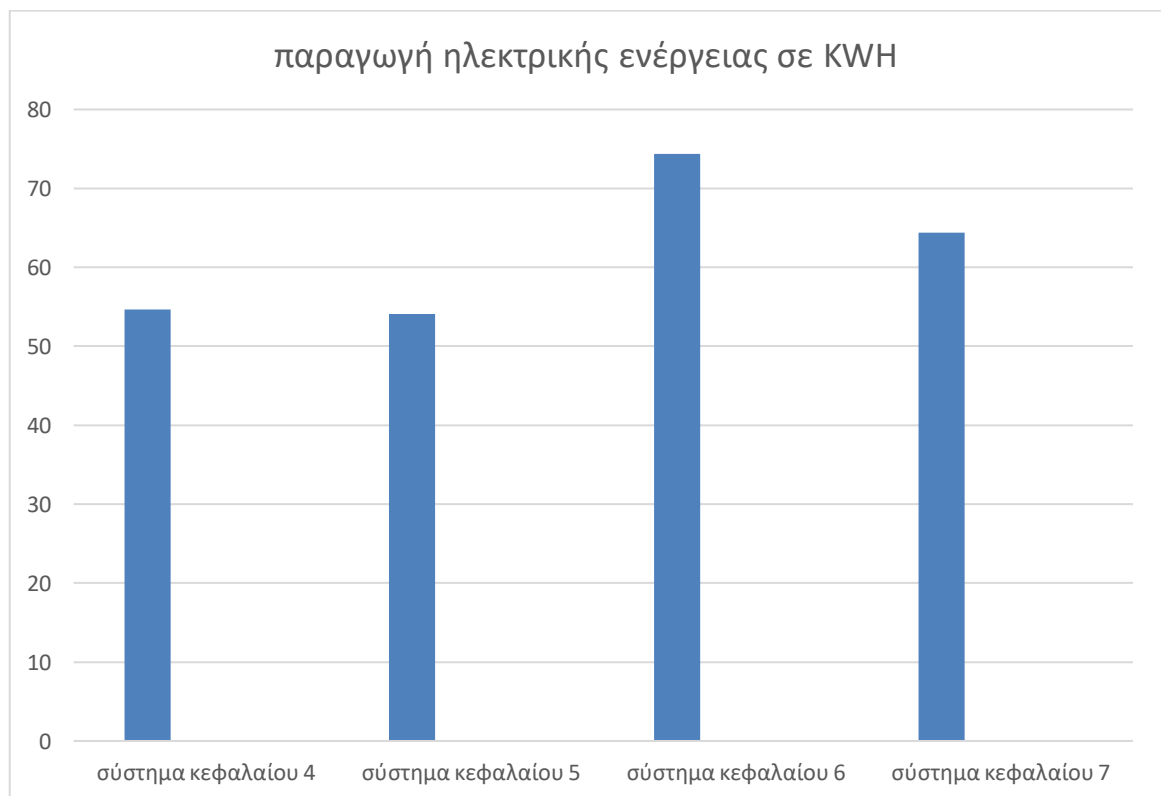
Το σύστημα του Κεφαλαίου 5, όπως έχει μελετηθεί, αποτελείται από φωτοβολταϊκά πάνελ. Αυτά λοιπόν, ομολογούμενος είναι αρκετά αποδοτικά, λαμβάνοντας υπόψιν το μικρό κεφάλαιο εγκατάστασης του συστήματος. Το σύστημα αυτό στο σύνολο του κοστίζει μόνο 37.800€ και καλύπτει το 78,5% των ηλεκτρικών αναγκών του κτηρίου. Το σύστημα κάνει απόσβεση του αρχικού επενδυθέντος κεφαλαίου σε 8 χρόνια, κάτι που το καθιστά αρκετά πιο γρήγορα σε σχέση με το σύστημα των ανεμογεννητριών που αναφέρθηκε προηγούμενος και επιφέρει κέρδος 81.100€.

Το σύστημα του Κεφαλαίου 6 το οποίο είναι υβριδικό και περιέχει τόσο φωτοβολταϊκά (στις περιοχές Α, Β) όσο και ανεμογεννήτριες (στην περιοχή Γ), κοστίζει 88.800€ για την εγκατάστασή του καθιστώντας το, το πιο ακριβό σύστημα που μελετήθηκε στην εργασία αυτή. Το θετικό του συστήματος είναι ότι παράγει αρκετά μεγάλο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτοντας το 107,9% των ηλεκτρικών αναγκών του σχολείου. Από την άλλη πλευρά αργεί αρκετά να κάνει απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου και επιφέρει κέρδη 80.351€ τα οποία είναι λιγότερα από τα κέρδη του συστήματος του Κεφαλαίου 5.

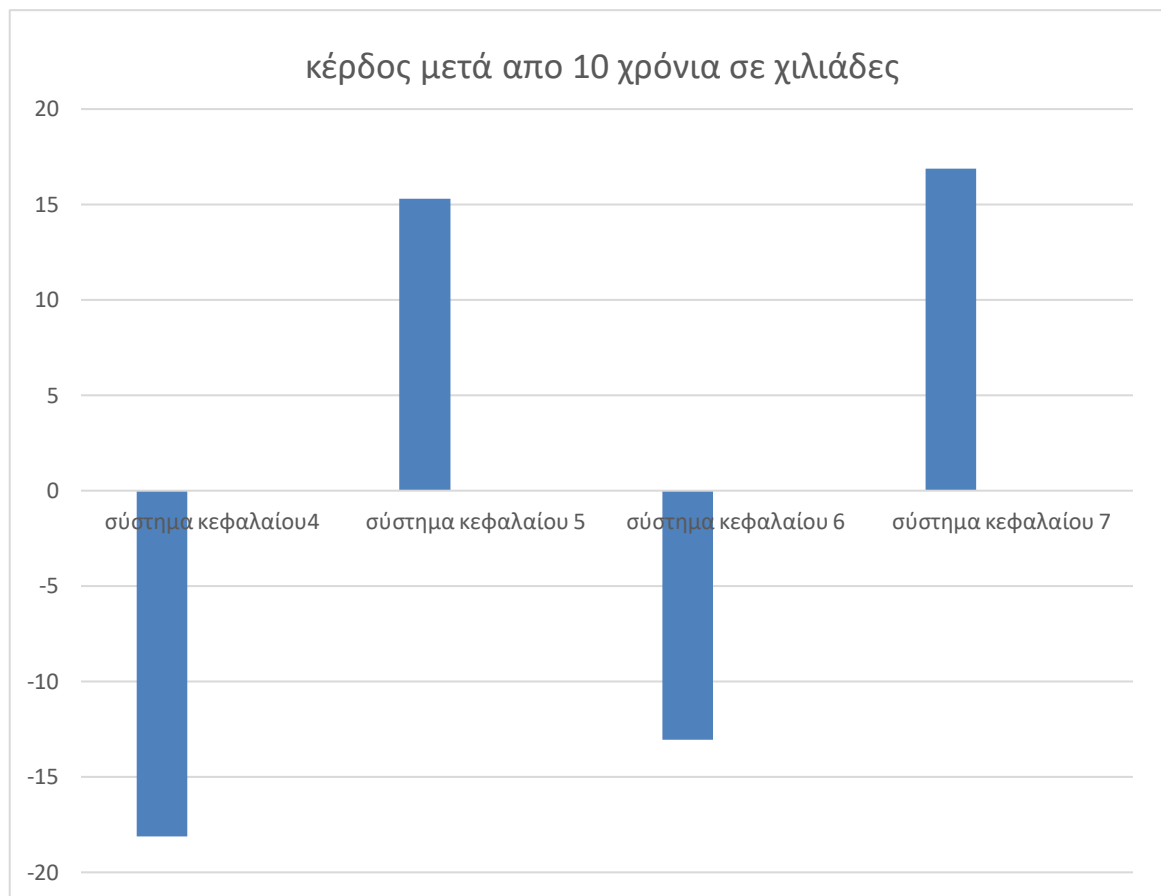
Το σύστημα του Κεφαλαίου 7 είναι το αποδοτικότερο σύστημα που μελετήθηκε στην εργασία λαμβάνοντας υπόψιν όλες τις παραμέτρους του Κεφαλαίου 8.1. Συγκεκριμένα το κόστος εγκατάστασης είναι 47.800€, ποσό το οποίο είναι πολύ λογικό, αν και ελάχιστα περισσότερο από το σύστημα του Κεφαλαίου 5, το οποίο όμως δεν διαθέτει σύστημα

ανίχνευσης του ήλιου. Το σύστημα καλύπτει το 93,5% των αναγκών του κτηρίου και κάνει απόσβεση στα 8 χρόνια όπως και το σύστημα του Κεφαλαίου 5 παρά το γεγονός ότι το κόστος εγκατάστασης του είναι 10.000€ μεγαλύτερο. Μετά από 20 χρόνια επιφέρει τα περισσότερα κέρδη, τα οποία φτάνουν τα 96.782€, πράγμα που το καθιστά αρκετά περισσότερο προσοδοφόρο σε σχέση με κάθε άλλο σύστημα που μελετήθηκε στην εργασία αυτή.

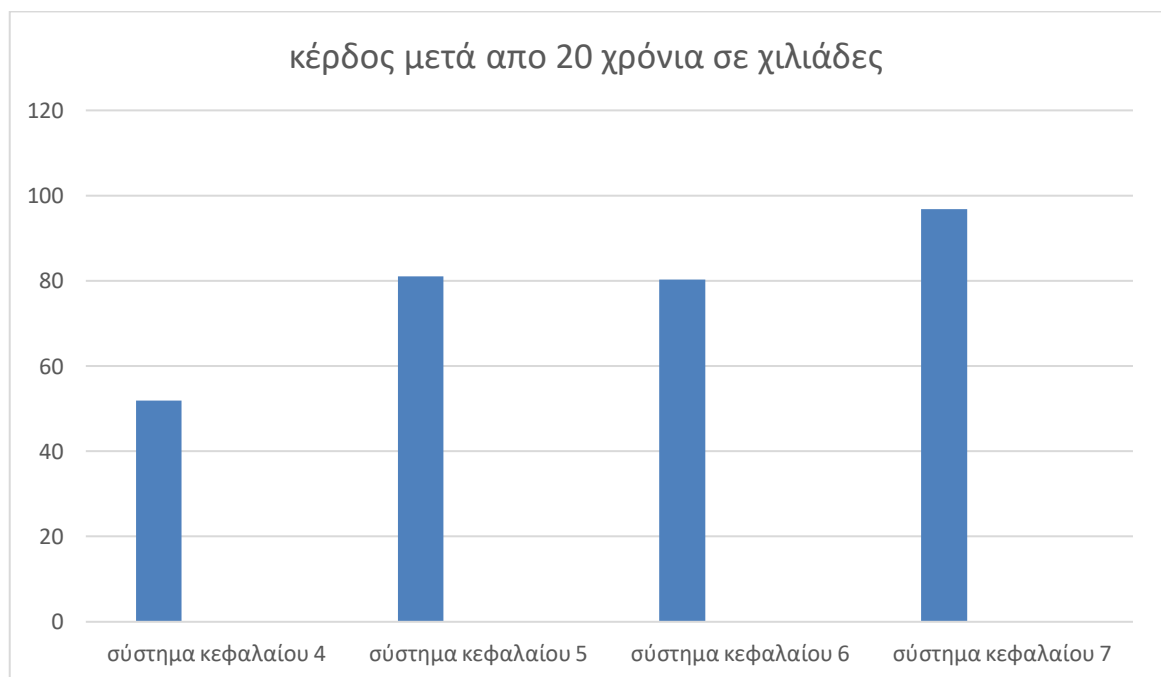
Για την καλύτερη κατανόηση της οικονομικής ανάλυσης των συστημάτων, στο Σχήμα 8.5 φαίνονται οι διαφορές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά σύστημα, στο Σχήμα 8.6 και στο Σχήμα 8.7 υπάρχει σύγκριση των συστημάτων ως προς τα κέρδη ανά 10 και 20 χρόνια αντίστοιχα και στο Σχήμα 8.8 φαίνονται τα χρόνια απόσβεσης του κάθε συστήματος.



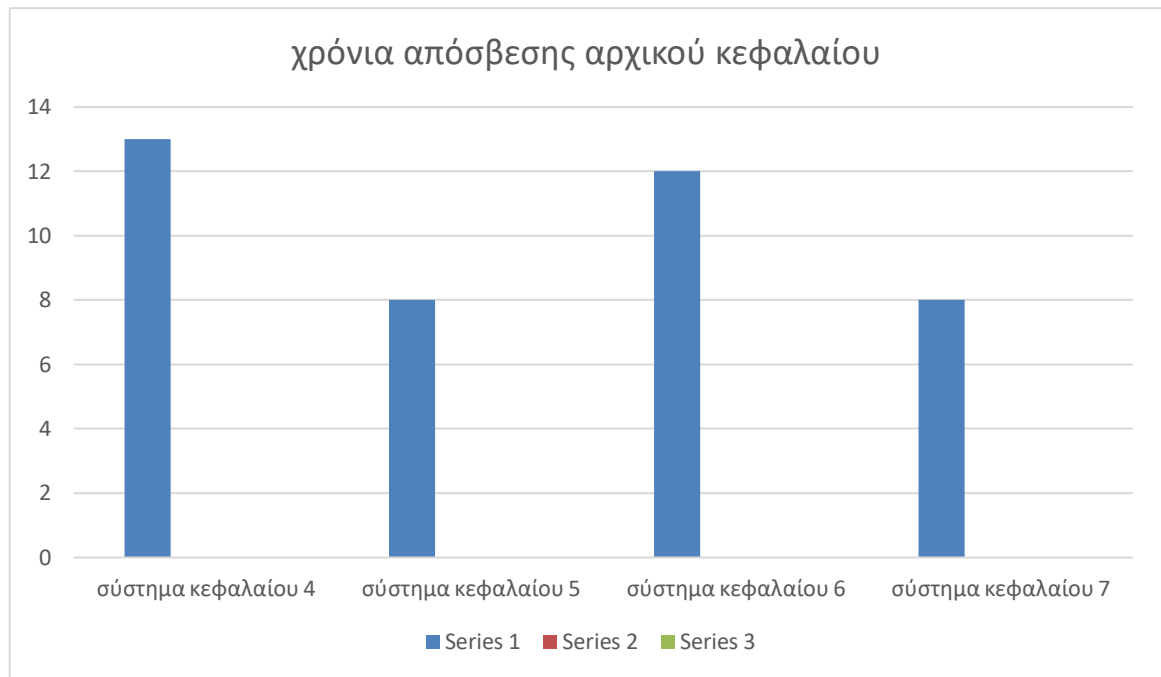
Σχήμα 8.5: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 8.6: Κέρδος μετά από 10 χρόνια



Σχήμα 8.7: Κέρδος μετά από 20 χρόνια



Σχήμα 8.8: Χρόνια απόσβεσης αρχικού κεφαλαίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο σημείο αυτό το συγγραφικό και επιστημονικό κομμάτι της εργασίας έχει ολοκληρωθεί και στην συνέχεια παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της.

Το πρώτο συμπέρασμα της εργασίας σχετίζεται με το Κεφάλαιο 3 και πιο συγκεκριμένα με την εγκατάσταση φωτισμού LED. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάστηκε η διαδικασία μελέτης της του φωτισμού του κτηρίου και τα πλεονεκτήματα της χρήσης LED έναντι των λαμπτήρων φθορισμού. Η φωτεινότητα που παράγουν οι λαμπτήρες LED, η ανθεκτικότητα τους και η μείωση της ηλεκτρικής κατανάλωσης που προσφέρουν, αποδεικνύει ότι η χρήση τους είναι η βέλτιστη λύση του προβλήματος φωτισμού κάθε κτηρίου. Όπως υπολογίστηκε η εγκατάσταση φωτισμού LED μειώνει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του φωτισμού κατά 37%, μειώνοντας τα έξοδα ηλεκτρικής ενέργειας σε τέτοιο βαθμό που καθιστά κερδοφόρα την εγκατάσταση αυτή, παρά το μεγαλύτερο κόστος αγοράς των λαμπτήρων LED σε σχέση με του λαμπτήρες φθορισμού.

Στην συνέχεια της εργασίας έγινε εγκατάσταση τεσσάρων συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στο Κεφάλαιο 4 λοιπόν παρουσιάζεται η διαδικασία εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων, στο Κεφάλαιο 5 γίνεται εγκατάσταση ανεμογεννητριών, στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται η εγκατάσταση ενός υβριδικού συστήματος, το οποίο χρησιμοποιεί τόσο φωτοβολταϊκά όσο και ανεμογεννήτριες και τέλος στο Κεφάλαιο 7 μελετάται η εγκατάσταση ενός συστήματος φωτοβολταϊκών με επένδυση στην τεχνολογία αντίχρεωσης ήλιου.

Στο Κεφάλαιο 8 όμως, έγινε η οικονομική μελέτη των συστημάτων η οποία απέδειξε ότι το πιο αποδοτικό σύστημα ήταν αυτό του Κεφαλαίου 7, λαμβάνοντας πάντα υπόψη το κεφάλαιο αρχικής επένδυσης. Μετά από τη μελέτη του κάθε συστήματος βγαίνει εύκολα το συμπέρασμα ότι τα φωτοβολταϊκά αποδίδουν αρκετά περισσότερο από τις ανεμογεννήτριες αυτής της κλίμακας. Αυτό συμβαίνει διότι οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν βέλτιστα σε περιοχές με μεγάλες ταχύτητες ανέμου ενώ τα φωτοβολταϊκά λειτουργούν με τον καλύτερο τρόπο σε περιοχές με αρκετά μεγάλη έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία.

Η περιοχή του Βελεστίνου, που αποτελεί και τον χώρο όπου στεγάζεται το κτήριο που επιλέχθηκε για τη μελέτη, διαθέτει κλιματικά δεδομένα τα οποία ευνοούν την εγκατάσταση συστημάτων φωτοβολταϊκών. Σε μια άλλη περίπτωση, όπου θα είχαμε να κάνουμε με μια περιοχή με μεγαλύτερο υψόμετρο, ή με μια περιοχή παραθαλάσσια όπως για παράδειγμα ένα νησί, η ταχύτητα του ανέμου σε ένα τέτοιο μέρος θα είναι αρκετά μεγαλύτερη και επομένως οι ανεμογεννήτριες αυτού του τύπου θα ήταν αρκετά πιο αποδοτικές και θα είχε πολύ μεγαλύτερο νόημα να υπάρχουν. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όμως και γενικά για το μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής Ελλάδας, η ηλιακή ενέργεια είναι η απάντηση στο πρόβλημα της ολοένα και αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας.

Σε γενικές γραμμές η συνολική ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι περίπου 121.000 TW. Για την κάλυψη όλων των ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας αρκεί η εκμετάλλευση του 0,000001 της ενέργειας αυτής. Δεν είναι υπερβολή να πει κανείς ότι η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί τελικά να είναι η πρώτη ενεργειακή πηγή και ιδεατά η μόνη ενεργειακή πηγή για θέρμανση, ηλεκτρισμό κτλ. Το αν όμως ο ήλιος μπορεί να δώσει όλη την ενέργεια που χρειάζεται για ένα κόσμο που θα αναπτύσσεται συνεχώς, εξαρτάται από του τρόπους που θα βρεθούν για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

[11]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] OECD, Energy: The Next Fifty Years, OECD, Paris, 1999.
- [2] European Parliament, Council of the European Union, Promotion of the use of energy from renewable sources, 2009.
- [3] Cassedy, Edward S., Grossman, Peter Z., Introduction to Energy: Resources, Technology and Society, Cambridge University Studio Press, United Kingdom, 1998.
- [4] Ράλλης, Πέτρος, Ηλεκτρολογικές Μελέτες, Νέο Ηράκλειο, 2012-2019, Ανακτήθηκε από: <http://www.rallis-techniki.gr/ilektrologikes-meletes.php> [Πρόσβαση 01/02/20].
- [5] Κάππος, Γιάννης Θ., Εισαγωγή στο AutoCAD 2012: Ό,τι χρειάζεται ο χρήστης που ξεκινά με το AutoCAD, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2012.
- [6] Σπύρου, Άγγελος, Νικολάκης, Ιωάννης, Έλεγχος Fan Coil Για Συστήματα Ψύξης – Θέρμανσης Σε Κτηριακό Αυτοματισμό με KNX Πρότυπο, Πτυχιακή Εργασία, Πάτρα, 2016.
- [7] Γεωργακόπουλος Σεραφείμ, Συστήματα BMS για τον πλήρη έλεγχο ενός κτηρίου, 2016, Ανακτήθηκε από: <http://kataskevesktirion.gr/> [Πρόσβαση 01/02/20].
- [8] Παλαμάρης, Μιχάλης, Λάμπες LED τύπου φθορισμού, Αθήνα, 2016, Ανακτήθηκε από: <https://www.leditnow.gr/lampes-led-typou-ftorismou.html> [Πρόσβαση 01/02/20].
- [9] Κ.ΕΝ.Α.Κ. (Συλλογικό έργο), Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης, Εκδόσεις: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα, 2017.
- [10] Rao, K.R., Wind Energy for Power Generation: Meeting the challenge of Practical Implementation, Springer, U.S.A, 2019

- [11] Τσιλιγκιρίδης, Γ., Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Εκδόσεις: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών, [Ηλεκτρονικό] Ανακτήθηκε από: <https://docplayer.gr/30558122-Apth-tu-mihanologon-mihanikon-ananeosimes-piges-energeias-siueioseis-g-tsiligkiridi.html> [Πρόσβαση 01/02/20].
- [12] Μανωλόπουλος, Νικηφόρος, Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Πτυχιακή Εργασία, Τρίπολη, 2013
- [13] Rindone, Anthony (επιμ.). Monocrystalline and polycrystalline solar panels: what you need to know. 2019. Ανακτήθηκε από: <https://www.energysage.com/solar/101/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/> [Πρόσβαση 01/02/20].
- [14] Ντοκόπουλος, Πέτρος, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών Σύμφωνα με το νέο κανονισμό ΕΛΟΤ HD 384, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 2005.
- [15] Σιδηροκαστρίτης, Ζώης (επιμ.), Φωτοβολταϊκά στις στέγες έως 10kW στην Ελλάδα, Πύργος Ηλείας, 2018, Ανακτήθηκε από: <https://www.oleng.eu/photovoltaics-in-roofs/> [Πρόσβαση 01/02/20].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΥΠΟΛΟΓΙΟΥ

ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ-ΙΣΧΥΟΣ

ΙΣΧΥΣ

- Watt - [W]

ΕΝΕΡΓΕΙΑ

- Joule – $1\text{J}=1\text{ kg} \cdot \text{m}/(\text{s}^2)$
- Κιλοβατώρα – [KWH] αντιπροσωπεύει την ενέργεια που παράγεται ή καταναλώνεται κατά τη λειτουργία για μια ώρα μηχανής ισχύος 1 kw.

ΠΡΟΘΕΜΑΤΑ

- kilo – [K] - 10^3
- mega – [M] – 10^6
- giga – [G] – 10^9
- tera – [T] – 10^{12}
- peta – [P] – 10^{15}
- exa - [E] – 10^{18}

ΠΡΟΣΠΗΠΤΟΥΣΑ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

$$Ac * It$$

ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΗ ΣΤΟ ΡΕΥΣΤΟ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

$$Ac * It * Fr(\tau\alpha)$$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

$$Ac * Fr * UL (Ti - Ta)$$

ΩΦΕΛΙΜΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

$$Q = Ac * [It * Fr(\tau\alpha) - FrUL * (Ti - Ta)]$$

ΣΤΙΓΜΙΑΙΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

$$n = Q / It * Ac$$

Όπου

Ac επιφάνεια του συλλέκτη

It ένταση ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη με κλίση t

Fr συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη

UL συντελεστής ενεργειακών απωλειών του συλλέκτη

τ συντελεστής διαπερατότητας των διαφανών καλυμμάτων

α συντελεστής απορρόφησης απορροφητικής επιφάνειας

Ti θερμοκρασία του ρευστού στην είσοδο του συλλέκτη

Ta θερμοκρασία περιβάλλοντος

Οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας του ανέμου σε τυχαίο ύψος δίνεται από τους παρακάτω τύπους

$$v/v_o = [\ln (H/z_o)] / [\ln (H_o/z_o)]$$

ή

$$v/v_o = (H/H_o) ^n$$

όπου

v είναι η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος H

v_o είναι η ταχύτητα στο ύψος αναφοράς H_o, που συνήθως είναι 10 μέτρα

z το ύψος τραχύτητας του εδάφους

n παράμετρος που εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους

Μέρος της ισχύος του ανέμου που η ανεμογεννήτρια μετατρέπει σε μηχανική ενέργεια

$$P_m = 1/2 * C_p * \rho * S * V^3$$

Όπου

ρ = πυκνότητα

C_p = συντελεστής ισχύος

S = επιφάνεια σάρωσης

V = ταχύτητα

Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια μιας ανεμογεννήτριας δίνεται από τη παρακάτω σχέση

$$E_{\text{year}} = 8.760 * \Sigma (F_i * P_g) \text{ KWH}$$

Όπου

F_c ετήσιος συντελεστής εκμετάλλευσης

P_g παραγόμενη ισχύς της ανεμογεννήτριας